

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

PAVEL BERNÁT

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing a technologie

IDENTIFIKACE PERIODICKÉ NESTEJNOMĚRNOSTI PŘÍSTROJEM QQM-3

IDENTIFICATION OF PERIODIC UNEVENNESS BY DEVICE QQM-3

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Moučková, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Petra Jirásková

Ostatní konzultanti: prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu ..54

Počet obrázků20

Počet tabulek 10

Počet grafů 5

Počet vzorců 25

Počet příloh 2

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel Bernát**
Osobní číslo: **T08000430**
Studijní program: **D3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Identifikace periodické nestejnoměrnosti přístrojem QQM-3**
Zadávající katedra: **Katedra textilních technologií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte řešení na téma měření a hodnocení nestejnoměrnosti příze, zaměřte se na problematiku spektrogramů.
2. Proveďte měření nestejnoměrnosti bezvadné příze a příze s periodickou nestejnoměrností pomocí přístroje QQM-3 a Uster Tester IV-SX.
3. Proveďte vyhodnocení nestejnoměrnosti, analyzujte a porovnejte spektrogramy.
4. Zhodnoťte, zda je přístroj QQM-3 vhodný pro identifikaci periodické nestejnoměrnosti.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] Sparavigna A., Broglia E., Lugli S.: Beyond capacitive systems with optical measurements for yarn evenness evaluation. Mechatronics 14 (2004) pp. 1183-1196. ISSN 0957-4158, Elsevier Ltd. 2004.
- [2] Slater, K.: Yarn Evenness, The Textile Institute. Manchester, 1986.
- [3] Application Handbook of Uster Tester IV, Zellweger Uster, 2002.
- [4] Manuál Yarn Quality Analyser QQM-3, VÚB a.s., Ústí nad Orlicí, 2005.
- [5] Cihlářová, E.: Hmotová nestejnoměrnost délkových a plošných textilií, elektronické skriptum TUL, <https://skripta.ft.tul.cz/>
- [6] Mvubu, M. B.: Characterization of Yarn Diameter Measured by Different System, Diploma Thesis, Technical University of Liberec, Liberec, 2010. text,

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Moučková, Ph.D.
Katedra textilních technologií

Konzultant bakalářské práce: Ing. Petra Jirásková
Katedra textilních technologií

Ostatní konzultanti: prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc.
Katedra textilních technologií

Datum zadání bakalářské práce: 30. září 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2012


prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.
děkan




doc. Dr. Ing. Dana Křemanská
vedoucí katedry

V Liberci dne 24. října 2011

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Katedra textilních technologií
Studentská 2
461 17 Liberec

Pavel Bernát
Údolní 11
460 01 Liberec 1

ŽÁDOST

Žádám o prodloužení termínu odevzdání bakalářské práce do 14.1.2013 .

Důvod prodloužení: časová náročnost práce

Název bakalářské práce: Identifikace periodické nestejnoměrnost přístrojem QQM-3

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Moučková, Ph.D.

Bernát

V Liberci dne: 3.10.2012

Vyjádření vedoucího práce:

Ing. Eva Moučková

Vyjádření vedoucí katedry:

Ing. Eva Moučková



PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená *bakalářská* práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *bakalářské* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou *bakalářskou* práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé *bakalářské* práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé *bakalářské* práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své *bakalářské* práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne: 11. 1. 2013

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval Ing. Evě Moučkové, Ph.D., vedoucí této práce za odborné vedení a hlavně trpělivost. Dále Ing. Petře Jiráskové za její připomínky k práci a v neposlední řadě prof. Ing. Petru Ursínymu, DrSc. za jeho odborné konzultace.

Anotace

Hmotová nestejnoměrnost je důležitá vlastnost, jelikož ovlivňuje řadu dalších vlastností přízí, především variabilitu zákrutu a pevnosti. Rovněž se negativně projevuje jak na vzhledu plošných textilií, tak variabilitou některých vlastností plošné textilie. Nestejnoměrnost lze měřit dvěma různými způsoby - opticky a kapacitně.

Cílem práce je porovnat výsledky měření nestejnoměrnosti příze získané kapacitním způsobem měření pomocí přístroje Uster Tester IV-SX a optickým způsobem měření pomocí přístroje QQM-3. Práce je především zaměřena na porovnání průběhu spektrogramů přízí s periodickou nestejnoměrností a přízí „bezvadných“. Je hodnocena vhodnost a možnost použití přístroje QQM-3 pro identifikaci periodické nestejnoměrnosti.

Annotation

Mass unevenness is an important quality for it affects many other qualities, especially variability of bend and strength. Mass unevenness also negatively affects appearance of surface textiles and its other qualities. Mass unevenness can be measured by two different methods – optical (e.g. QQM) and capacitive (e.g. Uster Tester).

The main goal of this dissertation is to compare results of measuring mass unevenness by these two different methods. The main focus of my research is to compare spectrograms process of yarn with periodical mass unevenness and „faultless“ yarn. QQM-3 is suitability in usage for identification of periodical mass unevenness is being evaluated.

KLÍČOVÁ SLOVA/KEY WORDS:

Uster Tester IV-SX

QQM-3

Hmotná nestejnoměrnost/mass unevenness

Periodická nestejnoměrnost/periodic unevenness

Spektrogram/spectrogram

Obsah:

Seznam použitých zkratk.....	6
1 Úvod.....	7
2 Hmotová nestejnomyěrnost.....	8
2.1 Úvod do hmotové nestejnomyěrnosti.....	8
2.2 Vyjádření hmotové nestejnomyěrnosti.....	8
2.2.1 Vyjádření hmotové nestejnomyěrnosti parametricky.....	9
2.2.1.1 Lineární hmotová nestejnomyěrnost.....	9
2.2.1.2 Kvadratická hmotová nestejnomyěrnost.....	10
2.2.1.3 Limitní hmotová nestejnomyěrnost.....	10
2.2.1.4 Index nestejnomyěrnosti.....	12
2.2.2 Charakteristické funkce nestejnomyěrnosti.....	12
2.2.2.1 Spektrogram.....	12
2.2.2.1.1 Projevy nestejnomyěrnosti ve spektrogramu.....	13
2.2.2.1.2 Metody vyhodnocení spektrogramu.....	14
2.2.2.2 Délková variační křivka.....	16
2.2.2.3 DR-křivky (funkce).....	17
2.2.3 Uster Statistics	17
3 Měření nestejnomyěrnosti.....	18
3.1 Kapacitní princip měření hmotové nestejnomyěrnosti.....	18
3.1.1 Výstupy z Uster Tester IV-SX.....	19
3.2 Optické principy měření nestejnomyěrnosti.....	20
3.2.1 QQM-3.....	20
3.2.1.1 Popis součástí přístroje QQM-3 a principu měření.....	21
3.2.1.2 Terminál PSION-4 druhy měření.....	21
3.2.2 Uster Tester IV-SX (optický princip měření průměru příze).....	23
3.2.3 Systém Oasys firmy Zweigle.....	24
3.3 Projev hmotové nestejnomyěrnosti	25
3.4 Druhy vad v přízi.....	26
4 Vztahy pro statistické zpracování dat.....	26
5 Experimentální část.....	29
5.1 Podmínky měření.....	30
5.2 Vyhodnocení nestejnomyěrnosti příze.....	30
5.2.1 Vyhodnocení spektrogramů (CV).....	33
Identifikace periodické nestejnomyěrnosti přístrojem QQM-3.....	5

5.2.1.1	Porovnání nestejnoměrnosti ve spektrogramech z QQM-3 a UT4.....	34
5.3	Vyhodnocení průměru příze.....	41
5.3.1	Porovnání CV_{2D} z UT IV-SX a CV_{opt} z QQM-3.....	43
5.3.2	Porovnání spektrogramů z průměru příze QQM-3 a UT4	44
6	Závěr.....	52
7	Seznam použité literatury.....	54

Seznam použitých zkratk:

CV	kvadratická hmotová nestejnoměrnost [%]
$CV_f, (U_f)$	výrobní nestejnoměrnost [%]
$CV_{optické}$	kvadratická nestejnoměrnost, měřená v optickém režimu [%]
$CV_{lim}, (U_{lim})$	limitní hmotná nestejnoměrnost [%]
$CV_m, (U_m)$	strojová nestejnoměrnost [%]
DKV	Délková variační křivka
$DR(x,y)$	deviation rate (míra odchylek) [%]
I	index nestejnoměrnosti [-]
IS	95%-ní interval spolehlivosti
L	délka úseku [m]
m	hmotnost [g]
n	počet měření
P	průtah [-]
$QQM-3$	Yarn quality analyser
T	jemnost příze [tex]
U	lineární hmotná nestejnoměrnost [%]
UT	Uster Tester IV-SX
v_d	variační koeficient průměru vláken [%]
v_p	variační koeficient průřezu vláken [%]
λ	vlnová délka [m]
μ	střední hodnota

1 Úvod

Pod pojmem nestejnoměrnost příze se obvykle rozumí hmotná (nebo též hmotová) nestejnoměrnost, což je jeden z parametrů charakterizující kvalitu příze a její možnosti následného zpracování. Kromě hmotné nestejnoměrnosti však existuje a je v současné době měřitelná i nestejnoměrnost objemová (kolísání průměru příze). Dále jsou důležité i nestejnoměrnosti dalších vlastností (pevnost, tažnost, zákrut). Hmotová nestejnoměrnost (kolísání hmoty vláken v průřezu nebo jiných délkových úsecích) patří v textilním průmyslu mezi mimořádně důležité vlastnosti, jelikož ovlivňuje řadu dalších neméně důležitých vlastností. Už dlouhá léta je cílem odborníků objasnit příčiny vzniku nestejnoměrnosti v délkových textiliích, ale zvláště dosáhnout co největší hmotové stejnoměrnosti výsledné příze. Výsledná kvalita příze je ovlivňována nejenom samotným doprácím procesem, ale také kvalitou vlákenné suroviny a především kvalitou předchozích technologických operací. Proto je zapotřebí nestejnoměrnost měřit a vyhodnocovat už v průběhu výroby příze. Jeden z nástrojů k vyhodnocení nestejnoměrnosti je spektrogram (výsledek spektrální analýzy), tj. graf, který identifikuje periodicky se opakující vady na různých vlnových délkách. Rozbor výsledků ze spektrogramu pomáhá k odhalení vad při předení.

Nestejnoměrnost lze měřit dvěma různými způsoby. Optický princip, kdy se měří kolísání průměru příze a kapacitní měřicí princip, kdy se měří kolísání hmotnosti produktu.

Pomocí optického principu měří např. přístroj QQM-3, systém vyvinutý ve VÚB a.s. (Ústí nad Orlicí). Velmi rozšířeným zástupcem druhého způsobu je přístroj Uster Tester IV-SX švýcarské firmy Uster Technologies, který pracuje na kapacitním principu a kromě nestejnoměrnosti měří i např. průměr příze nebo chlupatost (obojí lze měřit pouze s přídavnými optickými senzory).

Cílem práce je porovnat výsledky měření nestejnoměrnosti příze získané kapacitním způsobem měření pomocí přístroje Uster Tester IV-SX (CV hmotnostní) a optickým způsobem měření pomocí přístroje QQM-3 (CV optické). Práce je především zaměřena na porovnání průběhu spektrogramů přízí s periodickou nestejnoměrností a přízí „bezvadných“. Je hodnocena vhodnost a možnost použití přístroje QQM-3 pro identifikaci periodické nestejnoměrnosti. Dále jsou porovnávány vybrané parametry nestejnoměrnosti.

2 Hmotová nestejnomyěrnost

2.1 Úvod do hmotové nestejnomyěrnosti

Hmotová nestejnomyěrnost neboli kolísání hmoty vláken v průřezu nebo jiných délkových úsecích vláknenného produktu je jeden z důležitých a v poslední době i často sledovaných parametrů kvality délkových textilií, jelikož ovlivňuje řadu dalších vlastností jako variabilitu zákrutu a pevnosti. Rovněž se negativně projevuje i na vzhledu plošných textilií (pleténina, tkanina) – mrakovitost, pruhovitost, moiré efekt. Proto je potřeba tuto vlastnost délkových textilií sledovat již od počátku procesu výroby příze. Je třeba ji kontrolovat, ale i správně vyhodnocovat, aby na základě tohoto vyhodnocení mohly být provedeny patřičné zásahy do technologie, tak aby hmotová nestejnomyěrnost byla snížena na co nejmenší možnou míru [1, 2].

Příčiny vzniku hmotové nestejnomyěrnosti

1. Příčina nestejného (náhodného) počtu vláken v různých průřezech příze a uspořádání vláken do „svazků“ v její struktuře.
2. Příčina nestejného průřezu, resp. délkové hmotnosti (jemnosti) samotných vláken.
3. Nedokonalost návaznosti konců staplových vláken na sebe vlivem nestejnomyěrné délky vláken.
4. Nedokonalost v technologii výroby příze.

K porovnávání úrovně hmotové nestejnomyěrnosti a její analýze slouží řada parametrů a charakteristických funkcí [6, 8].

2.2 Vyjádření hmotové nestejnomyěrnosti [2, 7]

A) PARAMETRY

- lineární hmotná nestejnomyěrnost U [%]
- kvadratická hmotná nestejnomyěrnost CV [%]
- limitní hmotná nestejnomyěrnost CV_{lim}, U_{lim} [%]
- deviation rate (míra odchylek) $DR(x,y)$ [%]
- index nestejnomyěrnosti I
- výrobní nestejnomyěrnost CV_f, U_f [%]
- strojová nestejnomyěrnost CV_m, U_m [%]

B) CHARAKTERISTICKÉ FUNKCE

- spektrogram
- délková variační křivka
- DR křivky

2.2.1 Vyjádření hmotové nestejnoměrnosti parametricky

Tímto způsobem je nestejnoměrnost vyjádřena formou číselné hodnoty, která však nevyjádří příčiny vzniku hmotové nestejnoměrnosti. Analyzovat příčiny vzniku hmotové nestejnoměrnosti lze na základě charakteristických funkcí [2].

2.2.1.1 Lineární hmotová nestejnoměrnost

Vyjadřuje střední lineární odchylku od střední hodnoty hmotnosti délkového úseku vláknenného útvaru [2].

Je definována jako:

$$U = \frac{100}{\bar{m} \cdot L} \int_0^L |m(l) - \bar{m}| dl \quad (1)$$

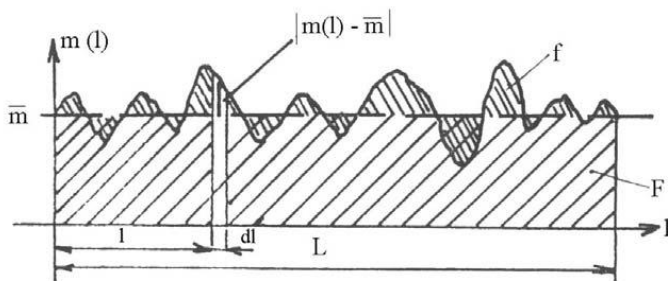
Kde:

U ... lineární hmotová nestejnoměrnost [%]

$m(l)$... okamžitá hodnota hmotnosti délkového úseku přádelnického produktu [g]

\bar{m} ... střední hodnota hmotnosti [g]

L ... délka úseku [m]



Obr. 1 Grafické znázornění střední lineární nestejnoměrnosti U [1]

2.2.1.2 Kvadratická hmotová nestejnomyěrnost

Kvadratická hmotová nestejnomyěrnost je variační koeficient hmotnosti délkových úseků vláknenného útvaru [2].

$$\text{Je definována: } CV = \frac{100}{m} \sqrt{\frac{1}{L} \cdot \int_0^L (m(l) - \bar{m})^2 dl} \quad (2)$$

Kde:

CV ... kvadratická hmotová nestejnomyěrnost [%]

$m(l)$... okamžitá hodnota hmotnosti délkového úseku přádelnického produktu [g]

\bar{m} ... střední hodnota hmotnosti [g]

L ... délka úseku [mm]

Za předpokladu, že odchylky hmotnosti odpovídají normálnímu rozdělení je mezi lineární (U) a kvadratickou (CV) nestejnomyěrností vztah [1].

$$\frac{CV}{U} = 1,25 \quad (3)$$

$$U = 0,8CV$$

2.2.1.3 Limitní hmotová nestejnomyěrnost [1, 2]

Minimální možná nestejnomyěrnost se nazývá limitní nestejnomyěrnost. Vzniká náhodným rozložením vláken v průřezu produktu a vlastní nestejnomyěrností vláken. Vychází z Poissonova zákona rozdělení celočíselné náhodné veličiny [1].

Limitní kvadratickou nestejnomyěrnost určujeme pomocí základního Martindaleova vztahu, který vychází z předpokladu ideálního pramene (variabilita průřezu vláken je zde zanedbána) :

- Vlákna vláknenného produktu jsou přímá a leží rovnoběžně s podélnou osou vláknenného produktu, jsou i stejnoměrná [8].
- Vlákna jsou náhodně rozdělena, rozdělení počtu vláken odpovídá Poissonovu rozdělení, neboli rozptyl počtu vláken v příčném průřezu je roven střednímu počtu vláken v příčném průřezu [8].

Martindaleův vztah:

$$CV_{\text{lim}} = \frac{100}{\sqrt{n}} \quad n = \frac{\bar{T}[\text{tex}]}{t[\text{tex}]} \quad (4)$$

Kde:

CV_{lim} ... limitní kvadratická nestejnoměrnost [%]

n ... průměrný počet vláken v průřezu přádelnického produktu [-]

U všech vláken však není možné vlastní nestejnoměrnost vláken zanedbat (vlna, chemická vlákna s členitým průřezem), potom se k vyjádření limitní nestejnoměrnosti délkového vlákenného útvaru použije tzv. zobecněný Martindaleův vztah, který zahrnuje vlastní variabilitu vláken (vyjádřenou variačním koeficientem průřezu či průměru vláken) [2].

Zobecněný Martindaleův vztah:

$$CV_{lim} = \frac{100}{\sqrt{n}} * \sqrt{1 + \left(\frac{v_p}{100}\right)^2}, \quad CV_{lim} = \frac{100}{\sqrt{n}} * \sqrt{1 + 0,0004 \cdot v_d^2} \quad (5)$$

Platí: $v_p = 2 \cdot v_d$

Kde:

v_p ... variační koeficient průřezu vláken [%]

v_d ... variační koeficient průměru vláken [%]

Vztahy pro výpočet limitní lineární hmotové nestejnoměrnosti jsou analogické.

Limitní nestejnoměrnost směsové příze

V praxi se často zpracovávají směsové materiály. Výpočet limitní nestejnoměrnosti směsové příze vychází z předpokladu, že celkový rozptyl hmotnosti krátkých úseků se rovná součtu jednotlivých rozptylů za podmínky jejich statistické nezávislosti [1].

Výsledný vztah:

$$CV_{limS} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^k (CV_{limi} * T_i)^2}}{T} \quad (6)$$

Kde:

CV_{limS} ... kvadratická limitní nestejnoměrnost směsové délkové textilie [%]

CV_{limi} ... kvadratická limitní nestejnoměrnost komponenty [%]

T ... jemnost příze [tex]

T_i ... jemnost i -tého podílu komponenty v délkové textilií [tex]

k ... počet komponent

2.2.1.4 Index nestejnoměrnosti

Index nestejnoměrnosti je poměr mezi skutečně naměřenou a ideální (limitní) nestejnoměrností. Ukazuje, nakolik se reálný produkt přibližuje ideálnímu. Tato veličina je bezrozměrná, nabývá hodnot větších než 1 [1, 2].

$$I = \frac{U_{ef}}{U_{lim}}, \quad I = \frac{CV_{ef}}{CV_{lim}} \quad (7)$$

Kde:

I ... index nestejnoměrnosti

CV_{lim} , U_{lim} ... limitní kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]

CV_{ef} , U_{ef} ... skutečně naměřená kvadratická (lineární) nestejnoměrnost [%]

Mezi další parametry nestejnoměrnosti patří:

Deviation rate (míra odchylky) DR - součet délek, při kterých hmotnost délkového úseku překročila nastavené hranice ku celkové proměřené délce [8].

Výrobní nestejnoměrnost - nestejnoměrnost, kterou způsobil výrobní proces [2].

Strojová nestejnoměrnost - nestejnoměrnost, kterou vložil do produktu sledovaný stroj [2].

2.2.2 Charakteristické funkce nestejnoměrnosti

Tyto funkce vystihují strukturu nestejnoměrnosti. Na jejich základě lze analyzovat příčinu vzniku zvýšené hmotové nestejnoměrnosti a předpovídat nestejnoměrnost plošných textilií. Jejich nevýhodou je, že nepopisují hmotovou nestejnoměrnost jedním číslem. Mezi charakteristické funkce patří: spektrogram, délková variační funkce a DR-funkce [2].

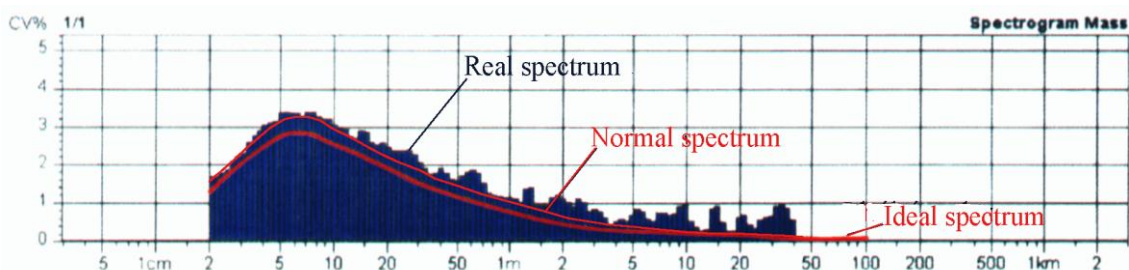
2.2.2.1 Spektrogram [1, 2]

Spektrogram je amplitudový záznam harmonických složek kolísání hmoty délkového vlákenného produktu v závislosti na vlnové délce. Je to výsledek Fourierova rozkladu stacionární náhodné funkce (v tomto případě kolísání hmoty, případně průměru) na harmonické složky, dané vlnovou délkou a amplitudou. Analýzou spektrogramu lze odhalit

periodickou nestejnomořnost délkového vlákenného produktu způsobenou nesprávnou činností rotujících orgánů přádelnických strojů. To je nežádoucí z důvodu tvorby rušivých obrazců v textiliích, proto je potřeba je odhalit co nejdříve.

Rozeznávají se 3 druhy spekter:

- a) ideální spektrum - spektrum ideálního produktu (u staplových produktů nelze dosáhnout hmotové nestejnomořnosti nižší než limitní nestejnomořnosti. Je závislé jak na počtu vláken v průřezu příze, tak na délce vláken).
- b) normální spektrum - spektrum bezvadné příze (poněvadž prakticky bezvadné příze vykazují index nestejnomořnosti o málo větší než 1, je rozdíl mezi spektrogramem takovéto příze a ideálním spektrem prakticky malý.)
- c) reálné spektrum - průběh spektra měřeného vlákenného produktu



Obr. 2 Spektrogram normální, skutečný a ideální [8]

2.2.2.1.1 Projevy nestejnomořnosti ve spektrogramu

Závady u přádelnických strojů, které se projevují ve zvýšené nestejnomořnosti přádelnických produktu, jsou v podstatě dvojího druhu:

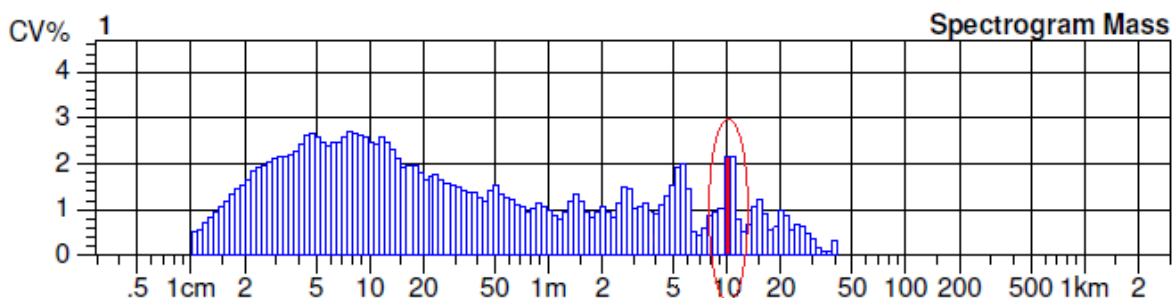
- a) závady mechanického charakteru (poškozená ozubená kola, poškozený povlak mykacího stroje, pokřivená osa hřídele ozubeného kola apod.)
- b) závady vzniklé následkem nesprávné kontroly vláken v průtahovém poli

Obě skupiny závad se projevují charakteristicky ve spektrogramu [1].

Charakteristické spektrum (závady mechanického charakteru)

Závady většinou zapříčiňují změnu hmotnosti průřezu (zesílení, zeslabení). Změna hmotnosti se periodicky opakuje a ve spektrogramu se projeví značným vyvýšením („komínem“), které přísluší určité vlnové délce. Vyhodnocují se ta charakteristická spektra, jejichž výška amplitudy je o 50% a více% větší než výška sousedních amplitud - v

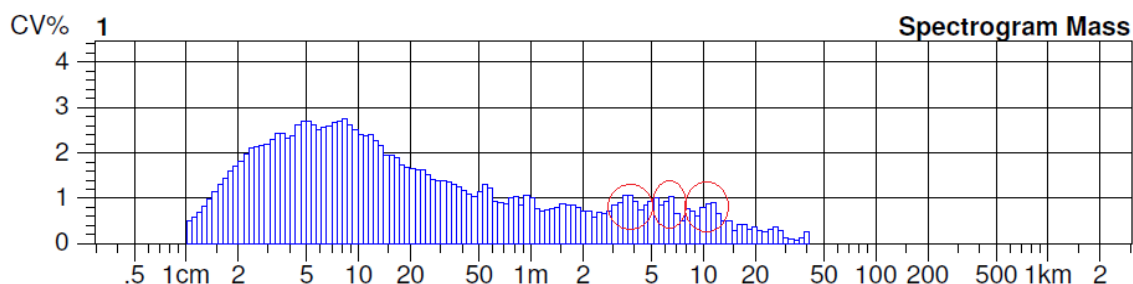
případě, že se spektrum objevilo na vlnové délce $\lambda < 2\text{m}$. V případě, že se charakteristické spektrum objevilo na vlnové délce $\lambda > 2\text{m}$, vyhodnocuje se v případě, že jeho amplituda má dvojnásobnou výšku než amplitudy sousední [1].



Obr. 3 Charakteristické spektrum ve spektrogramu z UT (VI příze, 20 tex)

Kupovité spektrum (spektrum průtahových vln)

Výkyvy od normálního spektra v tomto případě nejsou čistě periodické (pro jednu délku vln), nýbrž se jedná o rozsah délek vln, kterým přísluší určité vyvýšení ve spektrogramu. Ve skutečnosti jde o harmonické složky s větší amplitudou na délkách vln z jistého rozsahu vlnových délek [1].



Obr. 4 Kupovitá spektra ve spektrogramu z UT (PE příze, 35,7 tex)

2.2.2.1.2 Metody vyhodnocení spektrogramu

K vyhodnocení spektrogramu se využívá několik základních metod.

- Metoda výpočtová
- Metoda frekvenční
- Identifikace vadných průtahových polí

A) Metoda výpočtová

Využívá se k analýze mechanických závad. Používá se v případě podezření, že určitá část stroje je zdrojem závady. Metoda spočívá v určení vlnové délky, která odpovídá vadné součásti stroje a v porovnání této délky s vlnovou délkou extrémní amplitudy ve spektrogramu. V případě, že se tyto dvě délky rovnají, je předpoklad vadné součásti správný [2].

$$\text{Vlnová délka se vypočítá podle: } \lambda = \pi \cdot d \cdot P \quad (8)$$

Kde:

P ... průtah mezi výstupními válečky a pravděpodobně vadným válečkem

λ ... délka vlny harmonického kolísání hmotnosti produktu [m]

d ... průměr pravděpodobně vadného válečku [m]

V praxi se počítá průtah, který následuje po vadném válečku. Rovná-li se tento průtah s průtahem skutečným, je součást vadná.

$$P = \frac{\lambda}{\pi \cdot d} \quad (9)$$

B) Metoda frekvenční

Metoda je založena na předpokladu, že vada má stejnou frekvenci jako je frekvence součásti zanášející vadu. Vypočítají se otáčky, jaké měla rotující součást stroje, která způsobila periodickou nestejnoměrnost produktu [2].

$$n_f = \frac{v}{\lambda_p} \quad (10)$$

Kde:

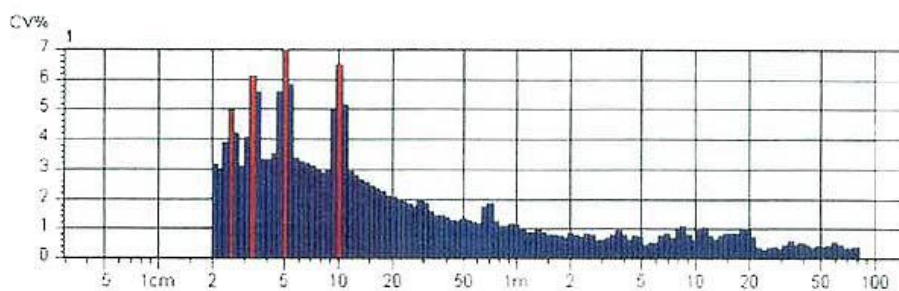
n_f ... frekvence vadného dílu stroje [1/min]

v ... výstupní rychlost produktu ze stroje [m/min]

λ_p ... délka vlny [m]

Na základě zjištěné frekvence n_f lze zjistit ty díly stroje, které mají přibližně shodnou frekvenci.

Některá charakteristická spektra mohou znázorňovat jednu periodickou vadu, která se ve spektrogramu projevuje na určité vlnové délce a jejích zlomcích (λ , $\lambda/2$, $\lambda/3$, $\lambda/4$, atd.). Při vyhodnocování se řeší pouze vada vzniklá na základní vlnové délce λ .



Obr. 5 Spektrogram jedné periodické vady projevující se na více vlnových délkách a vzhled příze s touto vadou [2]

C) Identifikace vadných průtahových polí

Průtahové vlny se ve spektrogramu projevují formou kupovitého spektra. Jsou vyvolané nedokonalou kontrolou vláken v průtahovém poli [2].

K identifikaci vadných průtahových polí se používá empirický vztah:

$$\lambda_m = k \cdot \bar{l} \cdot P \quad (11)$$

Kde:

λ_m ... střední vlnová délka extrémní amplitudy kupovitého spektra [m]

\bar{l} ... střední délka vlákna [m]

P ... průtah, který následuje po vadném průtahovém poli

k ... empirická konstanta (pramen: $k = 4$, přást: $k = 3,5$, příze: $k = 2,75$)

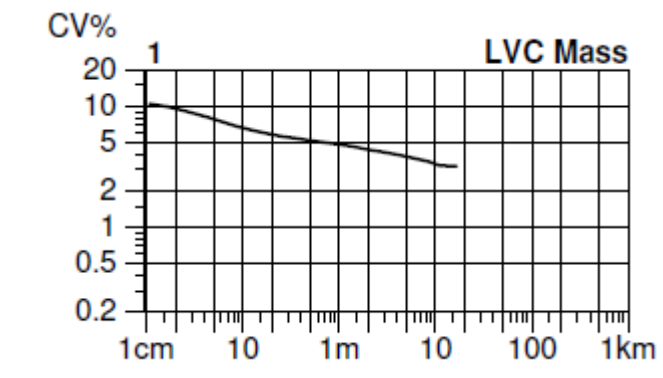
V praxi se opět počítá průtah, který následuje za vadným průtahovým polem. Tento vypočtený průtah se porovná s průtahy skutečnými.

$$P = \frac{\lambda_m}{k \cdot \bar{l}} \quad (12)$$

2.2.2.2 Délková variační křivka (gradient nestejnoměrnosti) [2, 7]

Délková variační křivka znázorňuje závislost vnější hmotné nestejnoměrnosti na délce úseku vlákenného produktu. Pomocí DVK (délkové variační křivky) lze identifikovat

neperiodickou nestejnoměrnost. Křivka zachycuje vliv celé technologie na výslednou nestejnoměrnost příze. Křivka je jedním z výstupů na přístrojích Uster Tester III., IV. a V.

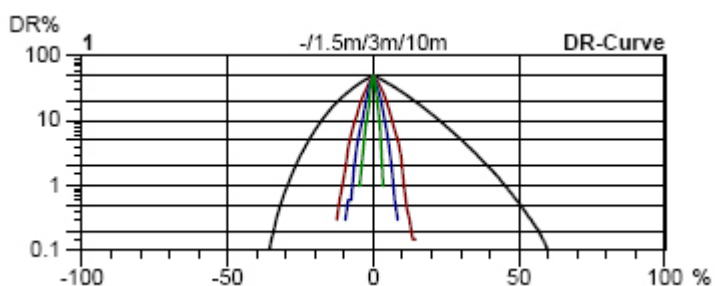


Obr. 6 Délková variační křivka

Vyhodnocení této křivky spočívá v jejím porovnání s limitní DVK (odklon reálné křivky směrem nahoru znamená zhoršení hmotové nestejnoměrnosti a naopak odklon směrem dolů znamená zlepšení hmotové nestejnoměrnosti), určení délky úseku, na kterém nestejnoměrnost vznikla a následné identifikaci stroje vnášející tuto nestejnoměrnost.

2.2.2.3 DR-křivky (funkce) [3, 7]

DR křivky jsou ovlivněny neperiodickou nestejnoměrností. Je možno je využít pro predikci mrakovitosti v plošné textilií. Když je křivka užší a symetričtější, tak to znamená, že je příze stejnoměrnější.



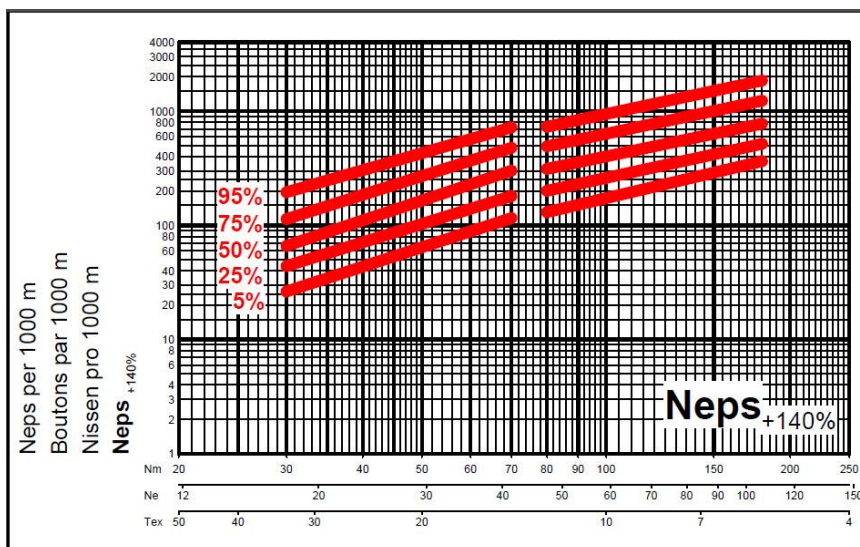
Obr. 7 DR-křivky prstencové příze o jemnosti 25 tex

2.2.3 Uster Statistics

Jako při každém hodnocení určité vlastnosti, tak i v případě hmotové nestejnoměrnosti je nutno mít vedle možnosti vlastního zjištění charakteristické hodnoty ještě možnost

porovnání zjištěných hodnot podle určitých norem-standardů. Proto firma Uster Technologies shromažďuje celosvětově údaje o nestejnoměrnosti vyráběných přízí a tyto údaje statisticky zpracovává. Informace vydává v pravidelných časových úsecích v podobě grafů.

Graf obsahuje linie konstantní kumulativní četnosti, jejichž úroveň (tzv. percentil) deklaruje, kolik procent výrobců na světě vyrábí danou přízi o stejných nebo lepších parametrech v porovnání s vyrobenou přízí. Lze porovnávat výsledky nestejnoměrnosti, počtu vad, chlupatosti, pevnosti či tažnosti [1].



Obr. 8 Uster statistics - hodnoty nopků (+140%) na 1 km

3 Měření nestejnoměrnosti

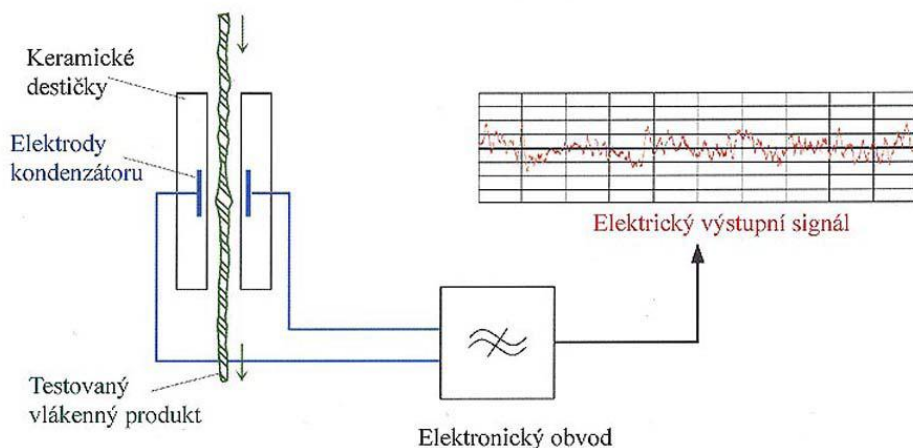
V praxi se dnes využívají dva základní principy měření nestejnoměrnosti délkových vláknenných útvarů.

- A) kapacitní princip- např. Uster Tester, Keisokki eveness tester
- B) optický princip- např. QQM-3, Oasys

3.1 Kapacitní princip měření nestejnoměrnosti

Měří se kolísání hmoty vláken v průřezu produktu. Tento princip v současnosti nejvíce využívá firma Uster Technologies. Aparatura, kterou vyrábí, se nazývá Uster Tester. Měření hmotové nestejnoměrnosti spočívá v průchodu délkového vláknenného materiálu mezi deskami kondenzátoru. Mezi deskami kondenzátoru je vysokofrekvenční elektrické

pole a se změnou hmoty mezi deskami se mění elektrický signál spolu s výstupním signálem. Výsledný analogový signál je následně digitalizován a zpracován přímo aparaturou Uster Tester. Tento způsob měření hmotové nestejnoměrnosti je velmi přesný a spolehlivý, ale to jen v případě pokud jsou dodrženy všechny předepsané laboratorní podmínky (teplota, vlhkost, ...) [2, 3].



Obr. 9 Schéma principu měření hmotné nestejnoměrnosti na přístroji Uster Tester

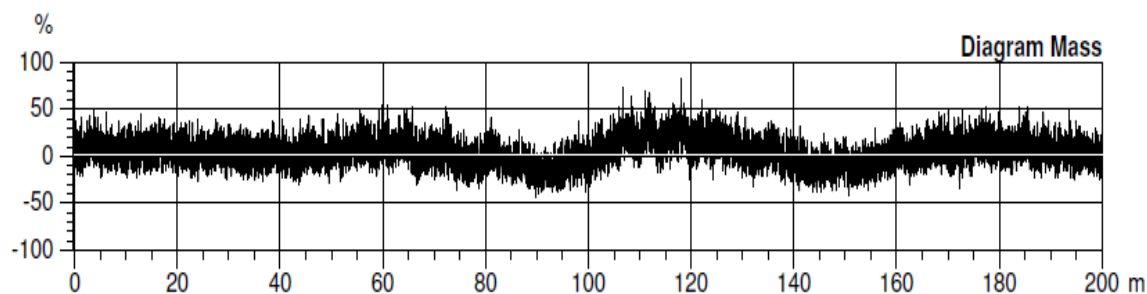
3.1.1 Výstupy z Uster Tester IV-SX

Uster Tester dokáže vyhotovit několik numerických ale i grafických výstupů. Dle potřeby si uživatel sám zvolí charakter výsledného protokolu.

Mezi základní výstupy patří tabulka naměřených hodnot se základním statistickým zpracováním v případě většího počtu měření. V tabulce přístroj dle nastavení zobrazí lineární i kvadratickou hmotovou nestejnoměrnost (U, CV) na různých délkách 0,01m, 1m, 3m, 5m, 10m, 50m, 100m. Dále počet silných, slabých míst a nopků na 1km příze. Výstupem jsou i výsledky měření chlupatosti a průměr příze, je-li přístroj vybaven přídatnými optickými senzory. Z grafických výstupů je to potom histogram, spektrogram či délková variační křivka, atd. Uster Tester typové řady IV a V umožňuje zobrazit nasimulovaný vzhled návinnu příze na desce a vzhled tkaniny či pleteniny vybraných vazeb. Simulace je prováděna na základě údajů získaných z měření hmotové nestejnoměrnosti daného úseku příze [7].

Hmotnostní diagram

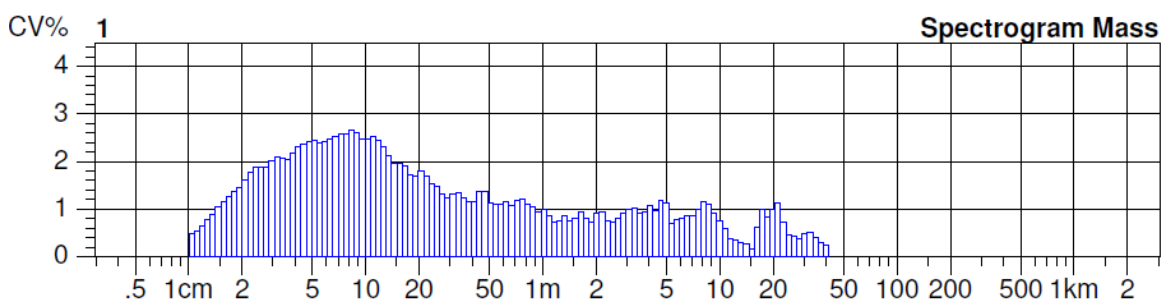
Zachycuje kolísání hmotnosti měřeného materiálu v závislosti na délce úseku. Tento diagram slouží k určení velké náhodné odchylky nebo zvýšené variace. Obsahuje základní informace, ze kterých jsou odvozeny některé charakteristické funkce jako: spektrogram, histogram, délková variační křivka, DR-křivka, a je konstruován vzhled tkaniny a pleteniny [2, 3].



Obr. 10 Hmotnostní diagram

Spektrogram

Na ose x jsou vyneseny příslušné vlnové délky (λ). Rozsah vlnových délek ve spektrogramu je závislý na proměřené délce. Maximální počet měřících kanálů v případě přístroje Uster Tester IV-SX, který byl použit v rámci experimentu, je 160. Spolehlivost měření je do 20-tiny proměřené délky. Poměr sousedních vlnových délek je $\sqrt[10]{2} \approx 1,072$. Na ose y je $CV\%$. Jedná se o variační koeficient příslušné harmonické složky ve spektrogramu (úměrné amplitudě) [3].

Obr. 11 Spektrogram z UT, PL příze, jemnost 25,7 tex, maximum $\lambda=8\text{cm}$

3.2 Optické principy měření nestejnomyšnosti

- a) QQM-3 (Výzkumný ústav bavlnářský, ČR)
- b) Uster Tester IV-SX (optický princip měření průměru příze)
- c) Oasys (Zweigle, Německo)

3.2.1 QQM-3

QQM je zkratkou Quick Quality Measuring - rychlé měření kvality. Přístroj měří na optickém principu, tj. měří se kolísání průměru příze, výsledek je vyjádřen variabilitou průměru (CV optické). Přístroj se skládá ze dvou hlavních částí a to měřící hlavy

s optickým čidlem (proměřuje každé 2 mm příze) a terminálu PSION, který v průběhu měření komunikuje s čidlem a snímaná data zaznamenává [4].

Nestejněměrnost příze je obvykle měřena přímo v její odtahové cestě na doprřadacím stroji. Naměřená data se posléze transportují do PC, kde jsou analyzována a vyhodnocována pomocí speciálního softwaru.

Z výsledného protokolu lze dále zjistit počet silných i slabých míst, počet nopků v přízi. Přístroj orientačně určí jemnost příze a vykreslí spektrogram [4].

3.2.1.1 Popis součástí přístroje QQM-3 a principu měření



Obr. 12 Zařízení QQM-3 (1- měřicí hlava, 2- terminál PSION, 3- nabíjecí jednotka s akumulátorem, 4- konvertor, 5- kabel) [4]

Měřicí hlava

Měřicí hlava používá dvoukanálové infračervené čidlo, které snímá nestejněměrnost a je přes kabel propojeno s terminálem PSION. Protože pracuje na optickém principu, není závislé na laboratorních podmínkách. Před každým měřením se čidlo automaticky kalibruje. Během kalibrace nesmí být v měřicí štěrbině příze.

Terminál PSION

PSION slouží jako přenosný počítač mezi měřicí hlavou a PC. QQM-3 systém obsahuje 3 základní typy měření s on-line možností analýzy a jeden typ měření „Datový zdroj“ pro pouhý sběr dat a pozdější analýzu na PC.

1) Indikace

Indikace slouží pouze k základnímu proměření, které odhalí jen chybně pracující spřádací jednotky. Měření je velice rychlé (cca 10 sekund) a měřený úsek krátký (cca 10m). Výsledné CV(optické) je pouze informativní a tímto měřením nelze určovat vady, které se objevují na delších úsecích [4].

2) Měření

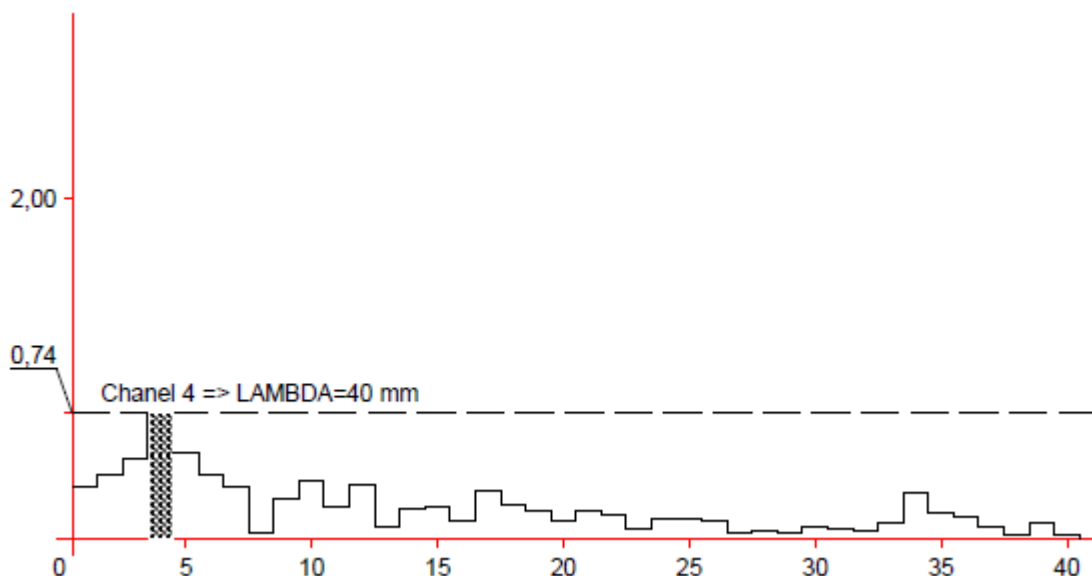
Tento způsob už podrobněji analyzuje přízi i na delším úseku a výsledkem měření jsou kvalitativní parametry příze jako $U\%$, $CV\%$, $CV(L)$ a počet vad [4].

3) Analýza

Analýza oproti modulu měření obsahuje navíc možnost výpočtu spektrální analýzy s grafickým výstupem spektrogramu (určen pro 40 kanálů). Dále delší minimální analyzovanou délku příze, delší dobu měření (3-10 minut) a proto i delší výpočtový čas. Jelikož je na výstupní obrazovce spektrogram, umožňuje tento modul výpočtem délky opakování periodických vad určit výrobní i předvýrobní vady příze [4].

Spektrogram z QQM-3

Na ose x jsou vynesena čísla měřících kanálů, které zaznamenávají amplitudy na příslušných vlnových délkách (λ). Rozsah vlnových délek je od 24-20000mm, čemuž odpovídá 40 měřících kanálů. Na osu y se vynáší amplituda periody [4].



Obr. 13 Spektrogram z QQM-3, příze z viskózy, jemnost 20 tex, maximum $\lambda=4\text{cm}$

Kanál	LAMBDA [mm]	Kanál	LAMBDA [mm]
1	24	21	752
2	28	22	894
3	34	23	1062
4	40	24	1262
5	48	25	1500
6	56	26	1782
7	68	27	2118
8	80	28	2518
9	96	29	2992
10	114	30	3556
11	134	31	4228
12	160	32	5024
13	190	33	5970
14	224	34	7096
15	268	35	8434
16	318	36	10024
17	378	37	11912
18	448	38	14158
19	532	39	16828
20	632	40	20000

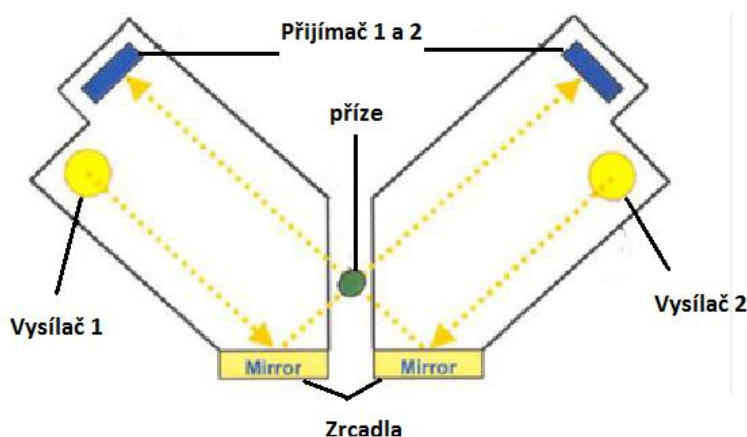
Tab. 1 Měřicí kanály QQM-3 a jim příslušící vlnové délky [4]

4) Datový zdroj

Modul pouze ukládá vstupní parametry a datový vektor. Analýza dat probíhá na rozdíl od ostatních modulů až po převedení do speciálního softwaru na PC, kde se zobrazí výsledky měření [4].

3.2.2 Uster Tester IV-SX (optický princip měření průměru příze)

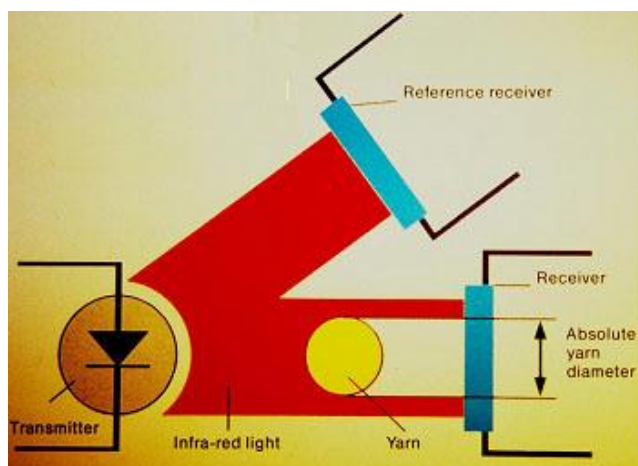
Optický multifunkční senzor měří průměr příze ze dvou stran na základě optických vysílačů, zrcadel a přijímačů, které leží naproti sobě. Měření je založeno na kombinaci digitální a analogové senzorové technologie, která obsahuje kameru s vysokým rozlišením a analogový senzor. Výstupní analogový signál je přijat, přečten a převeden na digitální. Infračervený vysílač optického senzoru vytváří souběžný světelný paprsek. Obraz je poté sejmut optickým přijímačem. Sensory, které jsou v úhlu 0° a 90° dávají informace o průměrném 2D průměru a tvaru příze. Vystupující vlákna měření neovlivňují. Výstupní data optického senzoru jsou zpracovány UT IV-SX softwarem a zpracovány na číselná a grafická data. Uster Tester IV-SX vyhodnocuje průměr příze po celé délce měřeného vzorku [8].



Obr. 14 Princip měření průměru příze na přístroji Uster Tester IV-SX

3.2.3 Systém Oasys firmy Zweigle

Využívá infračervené světlo a pomocí optického čidla měří průměr příze. Měřicí systém porovnává průměr příze s referenční střední hodnotou a zaznamenává kolísání v délce a průměru. Snímá vady příze stejně jako lidské oko, tzn. slabá, silná místa bez ohledu na to, zda tato místa obsahují více nebo méně vláken (hmoty) než normální příze. Konstruuje spektrogram, histogram a délkovou variační křivku. Dokáže nasimulovat vzhled plošné textilie [7].



Obr. 15 Oasys (optické měření průměru příze)

Optické principy poskytují všechny informace, které jsou obvyklé u kapacitních principů, ale navíc je možné získat informace o tvaru příze, chlupatosti a lze analyzovat přítomnost cizích vláken v přízi [5].

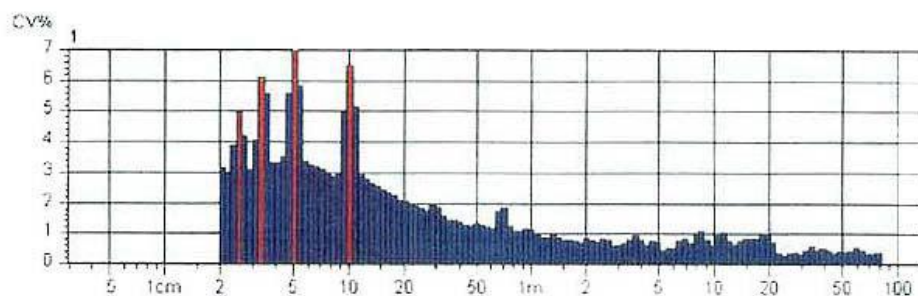
Vliv prostředí a materiálové charakteristiky mají různé účinky na oba měřicí principy. Proto je v některých případech vhodnější použití optického senzoru než kapacitní princip. U kapacitního principu je na rozdíl od optického potřeba dodržet stanovené laboratorní podmínky. Optický snímač se také hodí v případě, že se měří příze obsahující kovová vlákna. Tyto příze nelze proměřit kapacitním snímačem, jelikož by došlo ke kontaktům kovových prvků s deskami kondenzátoru [5].

3.3 Projev hmotové nestejnoměrnosti v plošné textilii [2, 7]

Hmotná nestejnoměrnost příze se v plošné textilii může projevat třemi základními formami:

1) Moiré efekt

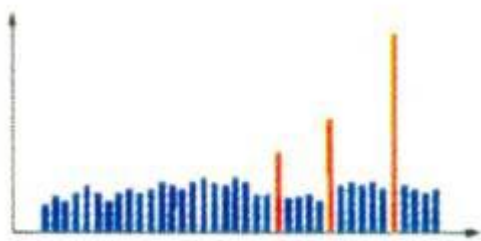
Vzniká častou periodickou nestejnoměrností příze na krátké vlnové délce ($\lambda=1-50\text{cm}$). Příčinou bývá často např. nečistota v rotoru spřádací jednotky. Ve tkanině vytváří pravidelné geometrické obrazce (obraz „struktury dřeva“).



Obr. 16 Projev moiré efektu ve spektrogramu příze

2) Pruhovitost

Vzniká díky dlouhoperiodické nestejnoměrnosti příze (kolísání hmotnosti na dlouhých úsecích příze $\lambda > 5\text{m}$), která ve tkanině nebo pletenině projevuje zřetelnými pruhy, neboť vlnová délky periodické chyby je větší než tkací šířka nebo obvod pleteniny. Periodické vady příze o vlnové délce $\lambda = 50\text{cm} - 5\text{m}$ nelze vždy ve tkanině nebo pletenině rozpoznat.



Obr. 17 Projev pruhovitosti ve spektrogramu příze

3) Mrakovitost

Vzniká vlivem téměř periodických vad v přízi (kupovitá spektra). Vzhled tkaniny se jeví jako „neklidný“.

3.4 Druhy vad v přízi [2]

Pod pojmem vada se rozumí:

slabé místo - dochází k zeslabení příčného průřezu vláknenného útvaru o max. 60%.

silné místo - dochází k zesílení příčného průřezu vláknenného útvaru o max. 100%.

nopky - dochází k zvýšení průřezu příze o víc jak 140% na délce 1 mm.

Počet vad se udává na délku 1km.

4 Vztahy pro statistické zpracování dat

Data získaná z měření byla statisticky zpracovávána a vyhodnocována. V práci jsou použity níže uvedené vztahy.

Výběrový průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (13)$$

Výběrový rozptyl

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (14)$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{s^2} \quad (15)$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{x}} 100 \quad (16)$$

Kde:

n ... počet měření

x_i ... naměřená hodnota

Interval spolehlivosti střední hodnoty μ [2]

Je to interval (rozmezí možných hodnot), ve kterém s vysokou, předem zvolenou pravděpodobností leží hodnota hledaného parametru. Volená pravděpodobnost (vyjádřeno v procentech) se nazývá koeficient spolehlivosti, případně statistická jistota. Počítá se s předpokladem, že interval spolehlivosti střední hodnoty μ má normální rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$.

$$\bar{x} - t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1) \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{1-\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (17)$$

Kde:

\bar{x} ... průměrná hodnota

n ... počet měření

s ... směrodatná odchylka

$t_{1-\alpha/2}(n-1)$... 100(1- $\alpha/2$)% kvantil Studentova t-rozdělení s (n-1) stupni volnosti

α ... hladina významnosti

V případě malého počtu vad ($n < 30$) není možné stanovit IS podle Studentova rozdělení. Rozdělení malého počtu vad je nesymetrické, odpovídá Poissonovu rozdělení celočíselných náhodných veličin [7].

Výpočet IS malého počtu vad pro více měření:

$$\frac{1}{2N} \chi^2_{\alpha/2}(\nu_3) \leq \mu \leq \frac{1}{2N} \chi^2_{1-\alpha/2}(\nu_4) \quad (18)$$

$$\nu_3 = 2.N.\bar{x}_0 \quad (19)$$

$$\nu_4 = 2.(N.\bar{x}_0 + 1) \quad (20)$$

Kde:

N ... počet měření

\bar{x}_0 ... průměrný počet vad v přízi [1/km]

ν_3, ν_4 ... počet stupňů volnosti

$\chi^2_{1-\alpha/2}(\nu_4), \chi^2_{\alpha/2}(\nu_3)$... příslušné kvantily χ^2 rozdělení o ν stupních volnosti

Koeficient korelace

Vyjadřuje míru lineární stochastické vazby mezi dvěma veličinami [10].

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (21)$$

Test významnosti korelačního koeficientu

V rámci testu se testuje hypotéza $H_0: \rho = 0$ proti alternativní hypotéze $H_A: \rho \neq 0$ na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

$$t = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \quad (22)$$

Testovací statistika t se porovnává s hodnotou kvantilu Studentova rozdělení $t_{1-\alpha/2}(n-2)$. Je-li $t > t_{1-\alpha/2}(n-2)$, hypotéza H_0 se zamítá a přijímá se hypotéza H_A , tj. korelační koeficient je významný a tedy mezi dvěma testovanými veličinami existuje závislost.

Metoda nejmenších čtverců

Metoda nejmenších čtverců je aproximační metoda, která spočívá v tom, že hledáme takové parametry funkce, pro které je součet čtverců odchylek vypočtených hodnot od hodnot naměřených minimální. V práci je použitý typ lineární závislosti, která je pro případ jedné nezávislé a jedné závislé proměnné reprezentována rovnicí přímky.

5 Experimentální část

Cílem práce je porovnat výsledky měření nestejnomyšernosti příze získané kapacitním způsobem měření pomocí přístroje Uster Tester IV-SX a optickým způsobem měření pomocí přístroje QQM-3. Práce je zaměřena na porovnání průběhu spektrogramů přízí s periodickou nestejnomyšerností a přízí „bezvadných“. Je hodnocena vhodnost a možnost použití přístroje QQM-3 pro identifikaci periodické nestejnomyšernosti. Přehled přízí použitých pro experiment s jejich základními parametry je uvedený v tab. 1. Všechny příze jsou rotorové.

Příze č.	1	2	3	4	5	6
Surovina	PL	PL	PL	PL	VI	CO
Jemnost [tex]	35.7	29.4	50	100	20	50
Zákrut[m ⁻¹]	670	723	590	436	812	469
Zákrutový koeficient $a[\text{ktex}^{2/3 \cdot \text{m}^{-1}}]$	72.6	68.9	80	59.8	86.9	63.7

Tab.2 Přehled měřených přízí

Nestejnomyšernost příze byla měřena současně na přístroji Uster Tester IV-SX a QQM-3. Zařízení QQM-3 bylo umístěno na tělese Uster Testeru IV-SX do držáku, tak aby navazovalo na systém vodících oček přístroje Uster Tester IV-SX.

5.1 Podmínky měření

Uster Tester IV-SX

rychlost měření : 200m/min.

dobu měření: 1min.

QQM-3

rychlost měření : 200m/min.

dobu měření: 1min.

Vzhledem k tomu, že maximální rychlost měření na přístroji QQM-3 je 360m/min a zařízení Uster tester umožňuje měřit při rychlostech 100, 200 a 400 m/min, byla zvolena rychlost měření 200 m/min. Maximální kapacita dat, kterou je schopen přístroj QQM-3 uložit je 100 000 dat. Vzhledem k tomu, že data jsou zaznamenávána na každých 2 mm délky příze, byla zvolena doba měření 1 min.

Od každé příze byly k dispozici 3 cívky (u bavlny pouze 2) a z každé cívky se provedlo 5 měření. Dohromady tedy 85 měření. Před začátkem měření byly příze klimatizovány po dobu 24 hod.

Byly sledovány a hodnoceny vybrané parametry a charakteristické funkce nestejnoměrnosti příze (*CV*, spektrogram) a průměr příze.

5.2 Vyhodnocení nestejnoměrnosti příze

V tabulce 2 jsou uvedeny výsledky měření nestejnoměrnosti (*CV*) na přístrojích UT IV-SX a QQM-3. Kvadratická nestejnoměrnost měřená optickým způsobem (variabilita průměru příze-*CV_{opt}*) na přístroji QQM-3 se porovnávala s kvadratickou nestejnoměrností měřenou kapacitním způsobem (kolísání hmoty produktu-*CV_{mass}*).

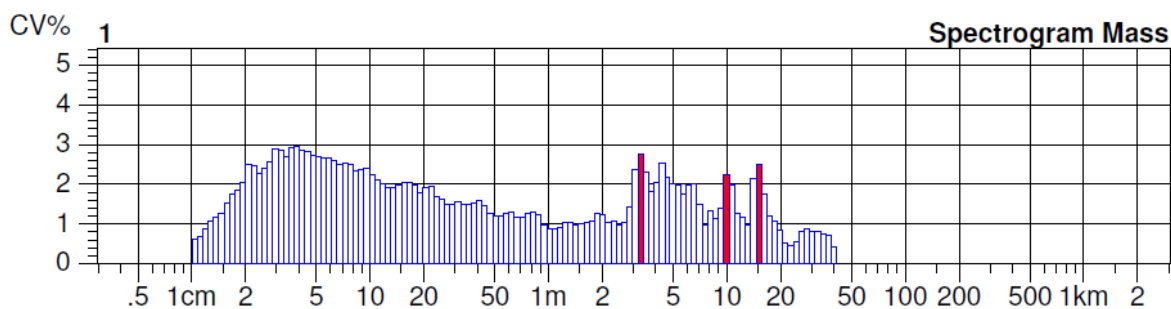
CV[%]	QQM-3				UT IV-SX			
Č. příze/mater.	Arit. průměr <i>CV_{opt}</i> [%]	IS (LD,LH)	Směr. odchylka	Var. koef. [%]	Arit. průměr <i>CV_{mass}</i> [%]	IS (LD,LH)	Směr. odchylka	Var. koef. [%]
1 (PL)	7,84	7,74;7,94	0,18	2,30	11,56	11,16;11,96	0,73	6,31
2 (PL)	7,70	7,54;7,86	0,28	3,64	11,23	11,07;11,39	0,29	2,58
3 (PL)	8,59	8,52;8,66	0,14	1,63	11,25	11,09;11,41	0,29	2,56
4 (PL)	7,35	7,28;7,42	0,14	1,90	9,37	9,23;9,51	0,26	2,77
5 (VI)	7,80	7,56;8,04	0,43	5,51	14,55	14,47;14,63	0,14	0,96
6 (CO)	9,54	9,35;9,73	0,26	2,70	13,77	13,47;14,07	0,55	3,99

Tab. 3 Statistické výsledky *CV* [%] u QQM-3 a UT IV-SX

Graf 1 zobrazuje porovnání nestejnomyernosti z obou přístrojů. Zároveň jsou v jednotlivých sloupcích uvedeny střední hodnoty nestejnomyernosti a žlutě jsou vyznačeny intervaly spolehlivosti pro jednotlivé příze.

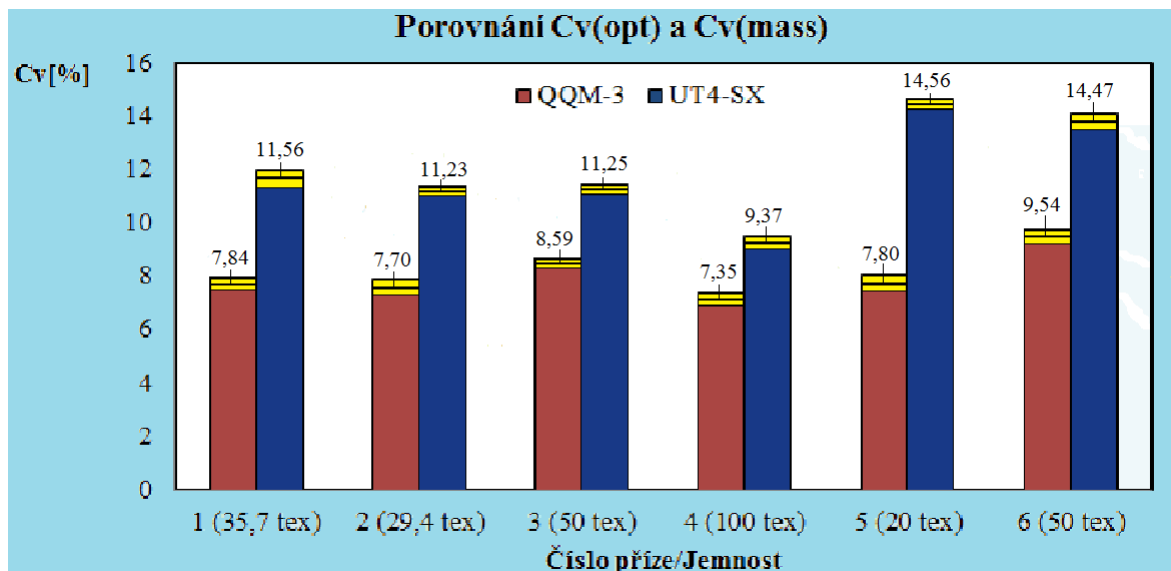
Při porovnání průměrných hodnot CV_{mass} je patrné, že největší nestejnomyernost přístroj Uster Tester zaznamenal u příze č. 5 (VI-20 tex), dále pak u příze č. 6 (CO-50 tex). Naopak nejnižší hodnota byla naměřena u příze č. 4 (PL-100 tex). Jelikož nestejnomyernost je ovlivněna jemností příze (vychází z teorie limitní nestejnomyernosti), je možné sledovat tuto závislost. U příze č. 4 (PL-100 tex) je hodnota nejnižší a naopak u č. 5 (VI-20 tex) je nejvyšší. Zvýšená hodnota CV_{mass} u příze č. 6 (CO-50 tex) je způsobena vysokou periodickou nestejnomyerností této příze (ve spektrogramech se objevovaly výrazné vady). V případě přízí č. 1, 2 a 3 se intervaly spolehlivosti středních hodnot CV_{mass} překrývají, lze tedy usuzovat, že rozdíl mezi středními hodnotami je statisticky nevýznamný. Uvedené příze však mají jinou jemnost, teoreticky by se hodnoty CV_{mass} měly lišit. Příčinou může být nestejnomyernost, která vznikla při přípravě pramene, rovněž zjištěný statisticky nevýznamný rozdíl mezi středními hodnotami CV_{mass} přízí č. 1, 2 a 3 by mohl být způsoben výskytem periodicky se opakující hmotové nestejnomyernosti v přízích č. 1 a 3, které se ve spektrogramech projeví formou kupovitých a charakteristických spekter na dlouhých vlnových délkách. Vzhledem k tomu, že se IS nepřekrývají, lze usuzovat, že rozdíl středních hodnot CV_{mass} mezi přízemi č. 4, 5 a 6 je statisticky významný.

Při porovnání hodnot CV_{opt} byla naměřena nejvyšší hodnota u příze č. 6 (CO-50 tex, nestejnomyerná příze) a naopak nejnižší hodnota u příze č. 4 (PL-100 tex). Dá se tedy usuzovat, že stejně jako u CV_{mass} i zde platí, že s rostoucí hodnotou jemnosti příze hodnota CV_{opt} klesá. V případě přízí č. 1, 2 a 5 se intervaly spolehlivosti středních hodnot CV_{opt} překrývají, lze tedy usuzovat, že rozdíl mezi středními hodnotami je statisticky nevýznamný. Příze č. 1 a 2 mají podobnou jemnost, proto se hodnoty CV_{opt} přibližně shodují. Vzhledem k tomu, že se IS u přízí č. 3, 4 a 6 nepřekrývají, lze usuzovat, že rozdíl středních hodnot CV_{opt} je statisticky významný. Příze č. 3 a 6 mají sice stejnou jemnost ale díky vlivu materiálu a pravděpodobně vlivem vyšší periodické hmotové nestejnomyernosti příze č. 6 (zvýšená charakteristická a kupovitá spektra ve spektrogramu, viz obr. 18) jsou rozdíly středních hodnot CV_{opt} významné.



Obr. 18 Spektrogram z nestejnomyerné příze č. 6 (CO-50 tex)

Z grafu je patrné, že přístroj QQM-3 naměřil nižší hodnoty nestejnomyernosti než UT. Jelikož se IS mezi CV_{mass} a CV_{opt} ani v jednom případě neprolínají, je rozdíl středních hodnot statisticky významný. V tomto případě je to dáno rozdílným způsobem měření nestejnomyernosti.

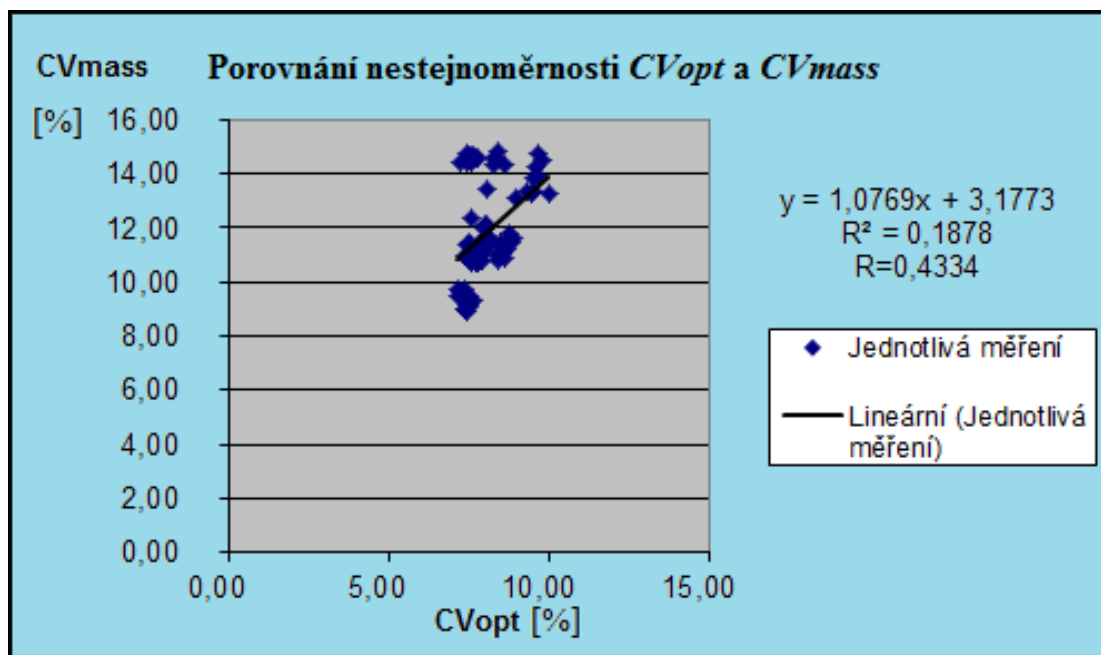


Graf 1 Porovnání CV_{opt} a CV_{mass}

Vzájemná souvislost mezi hodnotami CV_{opt} měřenými pomocí přístroje QQM-3 a hodnotami CV_{mass} měřenými přístrojem Uster Tester je znázorněna v grafu 2. Jednotlivými body byla metodou nejmenších čtverců proložena přímka a byl stanoven koeficient korelace R popisující míru lineární závislosti obou skupin dat. I když je zjištěný korelační koeficient nízký ($R=0,4334$), testem významnosti korelačního koeficientu (22) bylo zjištěno, že korelační koeficient je statisticky významný a mezi CV_{opt} a CV_{mass} tedy existuje lineární závislost na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Výsledky jsou uvedené v tab. 4. Normalita a homogenita dat byla potvrzena s využitím statistických testů v programu QC Expert.

t	$t_{1-\alpha/2}(n-2)$
4,86	1,989

Tab. 4 Výsledky testu významnosti korelačního koeficientu mezi CV_{opt} a CV_{mass}



Graf 2 Porovnání nestejnomyernosti CV_{opt} měřené přístrojem QQM-3 a CV_{mass} měřené přístrojem UT IV-SX s výsledným korelačním koeficientem

5.2.1 Vyhodnocení spektrogramů (CV)

Analýzou spektrogramu lze odhalit periodickou nestejnomyernost vláknenného produktu, kterou způsobuje nesprávná činnost rotujících orgánů přádelnických strojů. U výsledných spektrogramů z UT se vyskytovala jak kupovitá spektra především na dlouhých vlnových délkách (cca 5-20m), která mohla zapříčinit špatná práce průtahového ústrojí posukovacího stroje (viz obr. 3), tak charakteristická spektra, která se opět projevovala na dlouhých vlnových délkách (zejména u příze z bavlny a viskózy) a která byla pravděpodobně způsobena mechanickou závadou části stroje (viz obr. 18).

I přesto, že přístroje QQM-3 a Uster Tester při měření nestejnomyernosti pracují na jiném principu, byly porovnávány spektrogramy z obou dvou přístrojů s cílem stanovit, zda významné periodické kolísání hmoty zaznamenané ve spektrogramu z Uster Testeru se projeví i v kolísání objemu příze zaznamenaném přístrojem QQM-3. Dalším cílem bylo ověřit tvrzení výrobce, že spektrogramy získané z QQM-3 mají stejnou vypovídací hodnotu jako spektrogramy získané z přístroje Uster Tester, tj. „pomohou odhalit výrobní a předvýrobní vady a pomohou indikovat potenciální zdroj vad zhoršujících nestejnomyernost příze“ [4].

Porovnání spektrogramů je obtížné, jelikož spektrogram z každého přístroje je zkonstruován pro jiný počet kanálů, grafický vzhled spektrogramu z QQM-3 je rovněž odlišný. Spektrogramy z přístroje QQM-3 mají na ose x vynesena čísla měřících kanálů místo příslušné vlnové délky. Vlnová délka odpovídající danému měřicímu kanálu je uvedena samostatně v tabulce 1. Největším problémem je rozdílný poměr vlnových délek

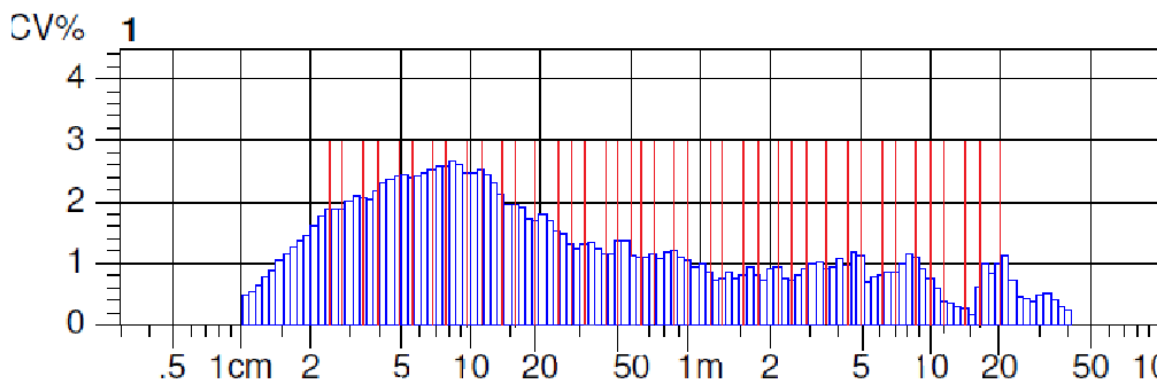
příslušných kanálů u obou spektrogramů. Zatímco u UT je poměr sousedních vlnových délek $^{10}\sqrt{2} \approx 1,072$, tak u přístroje QQM-3 je to přibližně 1,19. Poměr vlnových délek ve spektrogramu z QQM-3 byl stanoven dle následujícího vztahu (23):

$$pom.vln.délek = \frac{\lambda_{i+1}}{\lambda_i} \quad (23)$$

Pro porovnání spektrogramů byla pro každý měřicí kanál spektrogramu z UT vypočtena střední vlnová délka dle vztahu (24) viz tab. 5.

$$\lambda_i = \frac{\lambda_1}{(^{10}\sqrt{2})^{i-1}} \quad (24)$$

Na obr. 19 je uveden spektrogram z UT s vynesnými vlnovými délkami měřících kanálů spektrogramu QQM-3.



Obr. 19 Spektrogram z UT s vynesnými vlnovými délkami měřících kanálů z QQM

Jak je patrné, spektrogram z QQM-3 zaznamenává kolísání harmonických složek nestejněměrnosti pouze na každé druhé až třetí vlnové délce v porovnání se spektrogramem z UT. Je zřejmé, že spektrogram přístroje z UT je konstruován i pro kratší vlnové délky.

5.2.1.1 Porovnání nestejněměrnosti ve spektrogramech z QQM-3 a UT4

Ze všech měření byl vybrán od každé přístroje jeden spektrogram, jak z QQM-3, tak z UT IV-SX. Byl sledován výskyt charakteristických či kupovitých spekter ve spektrogramu. Mírně zvýšená amplituda spektra na příslušné vlnové délce byla označena **x**, značkou **xx** bylo označeno zvýšené spektrum nebo kupovité spektrum a **xxx** značí charakteristické spektrum (komín). Při vyhodnocování se pracovalo s prvními 100 kanály (10m), jelikož amplitudy na vyšších vlnových délkách vykazují nižší statistickou spolehlivost. V experimentu se proměřovalo vždy 200m a maximální statisticky spolehlivá vlnová délka je 1/20 z celkové proměřené délky (proto 10m). Kanály s amplitudou s nižší statistickou spolehlivostí jsou označeny zelenou výplní.

CV[%]									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	1 (QQM)	1 (UT)	2 (QQM)	2 (UT)	3 (QQM)	3 (UT)
119	37,321								
118	34,822								
117	32,490								
116	30,314								
115	28,284								
114	26,390								
113	24,623								
112	22,974								
111	21,435								
110	20,000	40	20,000						
109	18,661								
108	17,411								
107	16,245	39	16,828						xx
106	15,157								xx
105	14,142	38	14,158						
104	13,195								
103	12,311								
102	11,487	37	11,912						
101	10,718				xxx				
100	10,000	36	10,024		xxx				
99	9,330								
98	8,706	35	8,434						x
97	8,123								xx
96	7,579								xx
95	7,071	34	7,096				xx		x
94	6,598						xx		
93	6,156	33	5,970		xx		xx		
92	5,743				xx				
91	5,359				xx				
90	5,000	32	5,024		xx				
89	4,665				x		x		x
88	4,353	31	4,228				xx		x
87	4,061						xx		x
86	3,789								
85	3,536	30	3,556					x	
84	3,299								

CV[%]									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	1 (QQM)	1 (UT)	2 (QQM)	2 (UT)	3 (QQM)	3 (UT)
83	3,078				x				x
82	2,872	29	2,992		x				x
81	2,679				x		x		x
80	2,500	28	2,518				x		
79	2,333								
78	2,176	27	2,118					x	
77	2,031								
76	1,895								
75	1,768	26	1,782						
74	1,649								
73	1,539	25	1,5		x				
72	1,436				x				
71	1,340								
70	1,250	24	1,262						
69	1,166								
68	1,088	23	1,062					xx	
67	1,015				x				
66	0,947				x				
65	0,884	22	0,894					xx	
64	0,825								
63	0,769	21	0,752						
62	0,718								
61	0,670								
60	0,625	20	0,632			x			
59	0,583						xx		
58	0,544	19	0,532			x	xx		
57	0,508				x				
56	0,474				x				
55	0,442	18	0,448						
54	0,412								
53	0,385	17	0,378						
52	0,359								
51	0,335								
50	0,313	16	0,318	x					
49	0,292								
48	0,272	15	0,268			x		x	

CV[%]									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	1 (QQM)	1 (UT)	2 (QQM)	2 (UT)	3 (QQM)	3 (UT)
47	0,254								
46	0,237	14	0,224	x					
45	0,221								
44	0,206								
43	0,192	13	0,19			x			
42	0,179								
41	0,167								
40	0,156	12	0,16					x	
39	0,146				x				
38	0,136	11	0,134		x	x			
37	0,127								
36	0,118						x		
35	0,110	10	0,114	xxx			x		
34	0,103						x		
33	0,096	9	0,096			x			
32	0,090								x
31	0,084								
30	0,078	8	0,08	xxx				x	
29	0,073								
28	0,068	7	0,068	x		xx			
27	0,063								
26	0,059								
25	0,055	6	0,056	x			x		
24	0,052						x		x
23	0,048	5	0,048		x	xx	x		x
22	0,045				x				
21	0,042				x				
20	0,039	4	0,04			xx	x	x	
19	0,036						x		
18	0,034	3	0,034	xx		xxx	x	xx	
17	0,032								x
16	0,030								
15	0,028	2	0,028					xx	
14	0,026								
13	0,024	1	0,024			x		xxx	
12	0,022								
11	0,021								

CV[%]									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	4 (QQM)	4 (UT)	5 (QQM)	5 (UT)	6 (QQM)	6 (UT)
119	37,321								
118	34,822								
117	32,490								
116	30,314								
115	28,284								
114	26,390								
113	24,623								
112	22,974								
111	21,435								
110	20,000	40	20,000						
109	18,661								
108	17,411								
107	16,245	39	16,828						XX
106	15,157								XXX
105	14,142	38	14,158						XX
104	13,195								
103	12,311								
102	11,487	37	11,912						
101	10,718				X		XX		XX
100	10,000	36	10,024		X	X	XXX		XXX
99	9,330						XX		XX
98	8,706	35	8,434				XX		
97	8,123						XX		
96	7,579								
95	7,071	34	7,096						XX
94	6,598						X		XX
93	6,156	33	5,970				XX	X	XX
92	5,743						XX		XX
91	5,359				XXX		XX		XX
90	5,000	32	5,024		XXX	X			XX
89	4,665								XX
88	4,353	31	4,228						XX
87	4,061						XX		X
86	3,789						XX		X
85	3,536	30	3,556						XX
84	3,299								XXX

CV[%]									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	4 (QQM)	4 (UT)	5 (QQM)	5 (UT)	6 (QQM)	6 (UT)
83	3,078								xx
82	2,872	29	2,992						
81	2,679								
80	2,500	28	2,518	x					
79	2,333								
78	2,176	27	2,118						
77	2,031						x		
76	1,895						x		
75	1,768	26	1,782						
74	1,649								
73	1,539	25	1,5	xx					
72	1,436								
71	1,340								
70	1,250	24	1,262						
69	1,166								
68	1,088	23	1,062	xx					
67	1,015								
66	0,947								
65	0,884	22	0,894					x	
64	0,825								
63	0,769	21	0,752						
62	0,718								
61	0,670								
60	0,625	20	0,632						
59	0,583								
58	0,544	19	0,532						
57	0,508								
56	0,474								
55	0,442	18	0,448						
54	0,412								
53	0,385	17	0,378				x		
52	0,359						x		
51	0,335								
50	0,313	16	0,318						
49	0,292								
48	0,272	15	0,268	x		x			
47	0,253829								

CV[%]									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	4 (QQM)	4 (UT)	5 (QQM)	5 (UT)	6 (QQM)	6 (UT)
46	0,236831	14	0,224						
45	0,220971								
44	0,206173						x		
43	0,192366	13	0,19	xx		x			
42	0,179484								
41	0,167465								
40	0,15625	12	0,16	xx	x	x		xx	
39	0,145786				x				
38	0,136024	11	0,134		xx	xx		xx	
37	0,126914				xx				
36	0,118415				xx				
35	0,110485	10	0,114		xx	xx			
34	0,103087				x				
33	0,096183	9	0,096	x				xx	
32	0,089742								
31	0,083732								
30	0,078125	8	0,08					xx	
29	0,072893								
28	0,068012	7	0,068			x			
27	0,063457								
26	0,059208								
25	0,055243	6	0,056		x	xx			
24	0,051543				x				
23	0,048092	5	0,048			xx			
22	0,044871								
21	0,041866								
20	0,039063	4	0,04			xx		x	
19	0,036447								
18	0,034006	3	0,034	x		x		xxx	x
17	0,031729								x
16	0,029604								
15	0,027621	2	0,028	x				xx	
14	0,025772								
13	0,024046	1	0,024	xxx					
12	0,022436								x
11	0,020933								x
10	0,019531								

Tab. 5 Výskyt zvýšených spekter ve spektrogramech na příslušných vlnových délkách

S výjimkou spektrogramů z příze č. 2, se zvýšená charakteristická i kupovitá spektra u spektrogramů z obou přístrojů téměř nikde neshodovala. U QQM-3 se většinou výrazná spektra objevovala na krátkých vlnových délkách, kdežto v případě spektrogramů z UT se vyskytovala na delších vlnových délkách. Je to dáno rozdílným principem měření nestejnomyšlnosti, další z příčin může být odlišnost při konstrukci spektrogramů, např. jiné metody filtrace dat. Proto není spektrogram z QQM-3 příliš vhodný k identifikaci periodické nestejnomyšlnosti z hlediska náhrady spektrogramů z přístroje Uster Tester.

Proto se dále porovnávaly spektrogramy z QQM-3 se spektrogramem průměru příze z UT (optický způsob měření). Kromě spektrogramů se porovnávaly i výsledky měření průměrů přízí a variační koeficient průměrů přízí.

5.3 Vyhodnocení průměru příze

V tabulce 6 jsou uvedeny výsledky z měření průměrů příze na přístrojích UT IV-SX a QQM-3.

Průměr příze [mm]	QQM-3				UT IV-SX			
Číslo příze/mater.	Arit. průměr [mm]	IS (LD,LH)	Směr. odchylka	Var. koef. [%]	Arit. průměr [mm]	IS (LD,LH)	Směr. odchylka	Var. koef. [%]
1 (PL)	0,304	0,302;0,306	0,0037	1,22	0,300	0,299;0,301	0,0011	0,38
2 (PL)	0,287	0,285;0,290	0,0043	1,50	0,279	0,278;0,280	0,0020	0,72
3 (PL)	0,380	0,378;0,382	0,0036	0,95	0,353	0,352;0,354	0,0020	0,57
4 (PL)	0,561	0,556;0,566	0,0085	1,52	0,512	0,509;0,514	0,0053	1,04
5 (VI)	0,257	0,253;0,262	0,0082	3,19	0,243	0,235;0,250	0,0136	5,60
6 (CO)	0,415	0,355;0,475	0,0840	20,25	0,380	0,332;0,429	0,0676	17,77

Tab. 6 Výsledky měření průměru příze na přístrojích QQM-3 a UT IV-SX

V grafu 3 je uvedeno porovnání průměrů přízí z obou přístrojů. V jednotlivých sloupcích jsou uvedeny střední hodnoty průměrů přízí a žlutě jsou vyznačeny intervaly spolehlivosti pro jednotlivé příze.

Největší průměr příze oba přístroje naměřily u příze č. 4 (PL-100 tex). Naopak nejmenší u příze č. 5 (VI-20 tex). IS středních hodnot průměru všech přízí se nepřekrývají, s výjimkou přízí č. 3 a 6. Široký IS u příze č. 6 je způsoben kolísáním průměru příze. U příze č. 6 byla zjištěna zvýšená hmotová (CV_{mass}) i objemová nestejnomyšlnost (CV_{opt}).

Výše uvedené výsledky potvrzují vzájemnou souvislost mezi jemností příze a jejím průměrem.

Závislost lze vyjádřit vztahem (25) [9]:

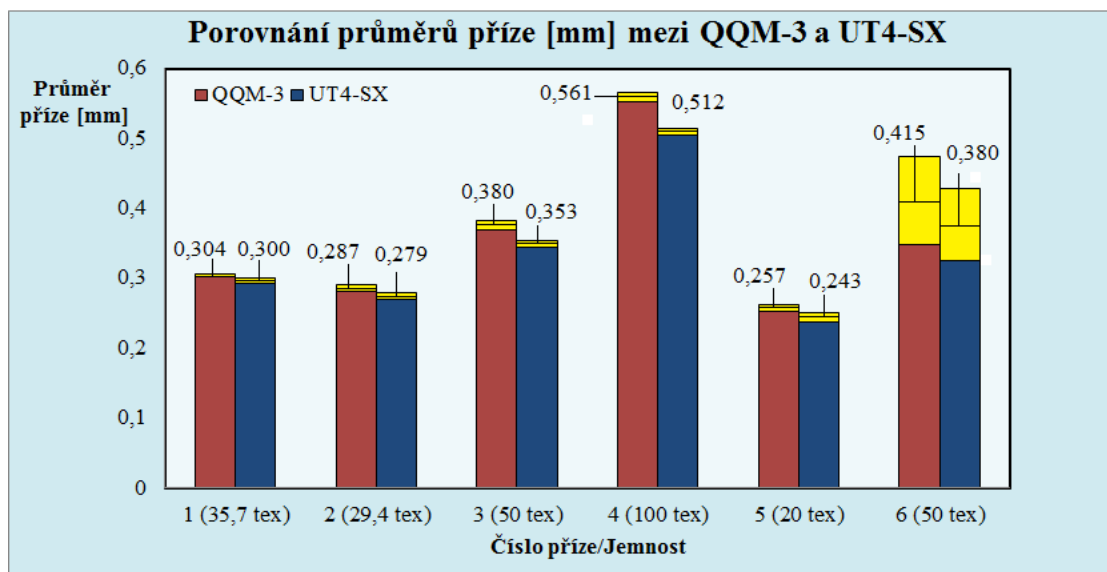
$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}} \quad (25)$$

Kde: D ... průměr příze [mm]

T ... jemnost příze [tex]

μ ... zaplnění příze [-]

ρ ... hustota příze [g/m³]



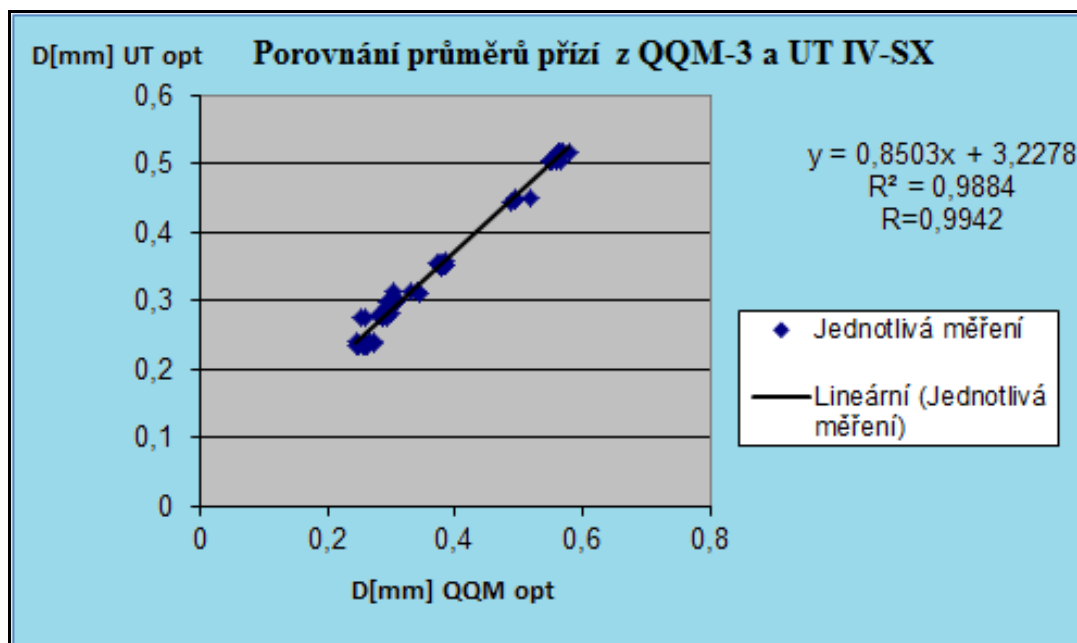
Graf 3 Porovnání průměrů příze [mm] z QQM-3 a UT IV-SX

Vzájemná souvislost mezi hodnotami průměru příze měřenými pomocí přístroje QQM-3 a hodnotami průměru příze měřenými přístrojem Uster Tester je znázorněna v grafu 4. Jednotlivými body byla metodou nejmenších čtverců proložena přímka a byl stanoven koeficient korelace R .

Jelikož se hodnota korelačního koeficientu blíží téměř 1 ($R=0,9942$), lze konstatovat, že mezi hodnotami průměru příze naměřenými na obou přístrojích existuje lineární závislost. Tvrzení bylo ověřeno testem významnosti korelačního koeficientu (22), výsledky viz tab. 7

t	$t_{1-\alpha/2}(n-2)$
84,1	1,989

Tab. 7 Výsledky testu významnosti korelačního koeficientu mezi průměry přízí



Graf 4 Porovnání průměrů přízí naměřených přístrojem QQM-3 a průměrů přízí naměřených přístrojem UT IV-SX s výsledným korelačním koeficientem

5.3.1 Porovnání CV_{2D} z UT IV-SX a CV_{opt} z QQM-3

V tabulce 8 jsou uvedeny statistické výsledky měření nestejnomyšlosti CV_{opt} na přístroji QQM-3 a CV_{2D} měřené přístrojem UT IV-SX. Kvadratická nestejnomyšlost měřená optickým způsobem (variabilita průměru příze - CV_{opt}) se porovnávala s variačním koeficientem průměru příze (CV_{2D}), který byl měřen na délce 8 mm.

CV[%]	QQM-3				UT IV-SX			
Č. příze/mater.	Arit. průměr CV_{opt} [%]	IS (LD,LH)	Směr. odchylka	Var. koef. [%]	Arit. průměr CV_{2D} [%]	IS (LD,LH)	Směr. odchylka	Var. koef. [%]
1 (PL)	7,84	7,74;7,94	0,18	2,30	7,99	7,89;8,09	0,19	2,38
2 (PL)	7,70	7,54;7,86	0,28	3,64	7,74	7,65;7,83	0,18	2,33
3 (PL)	8,59	8,52;8,66	0,14	1,63	8,27	8,16;8,38	0,22	2,66
4 (PL)	7,35	7,28;7,42	0,14	1,90	6,50	6,43;6,57	0,14	2,15
5 (VI)	7,80	7,56;8,04	0,43	5,51	9,48	9,37;9,59	0,21	2,22
6 (CO)	9,54	9,35;9,73	0,26	2,70	9,24	9,10;9,38	0,19	2,06

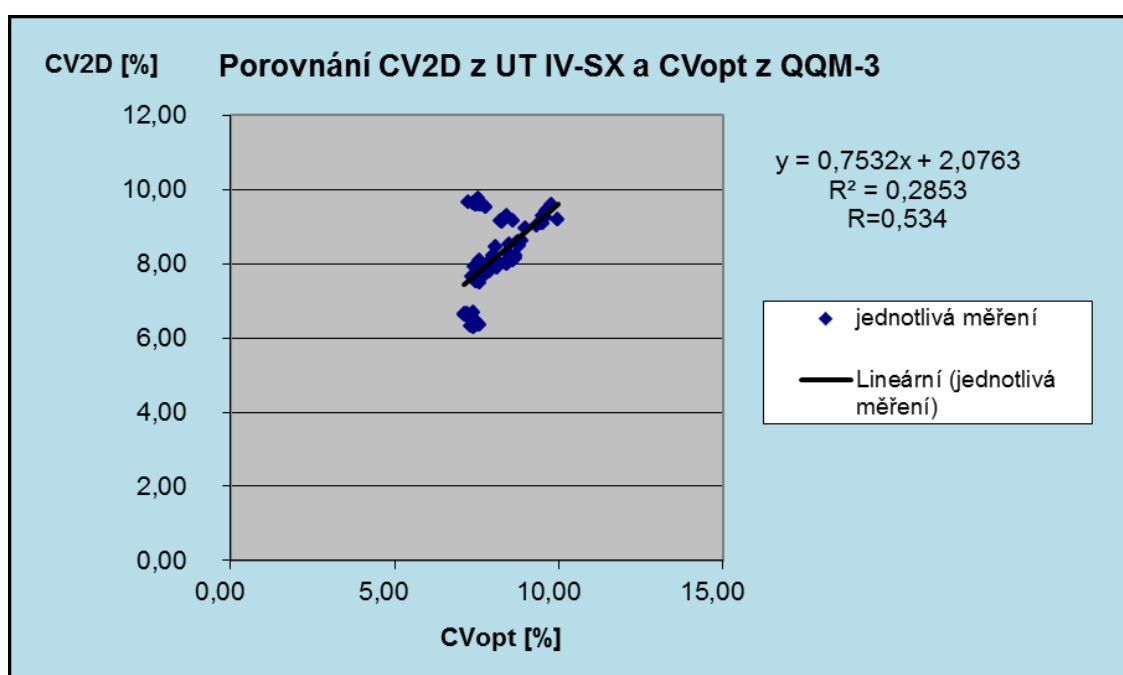
Tab. 8 Statistické výsledky CV_{opt} u QQM-3 a CV_{2D} UT IV-SX

Vzájemná souvislost mezi hodnotami CV_{opt} a hodnotami CV_{2D} měřenými je znázorněna v grafu 5. Jednotlivými body byla metodou nejmenších čtverců proložena přímka a opět byl stanoven korelačního koeficient R . Relativně nižší úroveň hodnoty korelačního

koeficientu je pravděpodobně ovlivněna přízemi č. 4 (PL-100 tex) a č. 5 (VI – 20 tex). Pro potvrzení výsledků by bylo nutné provést více měření pro další viskózní příze. I když je korelační koeficient nízký ($R=0,534$), byla testem významnosti korelačního koeficientu (22) potvrzena jeho statistická významnost a mezi CV_{opt} a CV_{2D} tedy existuje lineární závislost. Výsledky jsou uvedené v tab. 9.

t	$t_{1-\alpha/2}(n-2)$
5,75	1,989

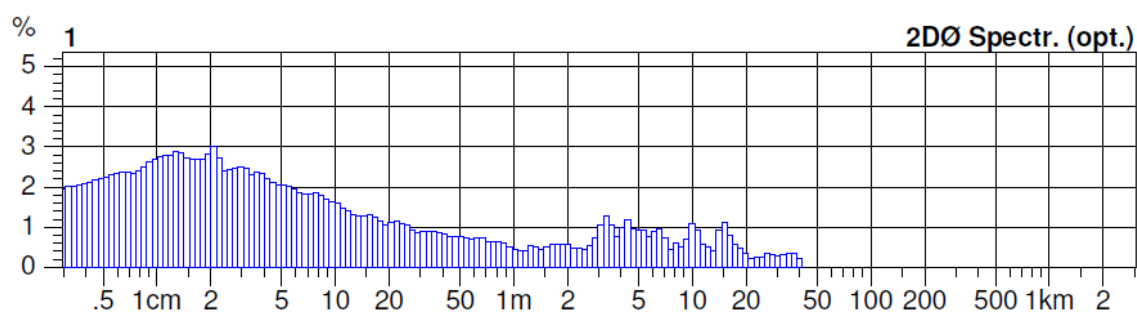
Tab. 9 Výsledky testu významnosti korelačního koeficientu mezi CV_{opt} a CV_{2D}



Graf 5 Porovnání nestejnoměrnosti CV_{opt} měřené přístrojem QQM-3 a CV_{2D} měřené přístrojem UT IV-SX s výsledným korelačním koeficientem

5.3.2 Porovnání spektrogramů průměru příze z QQM-3 a UT4

Porovnávaly se spektrogramy z QQM-3 se spektrogramy průměru příze z UT, který stejně jako QQM-3 měří na optickém principu. Proto se očekávalo, že by se charakteristické nebo kupovité spektra mohla objevovat na stejných vlnových délkách. Na obr. 20 je spektrogram z měření průměru příze z UT, který díky optickému senzoru začíná měřit už na vlnové délce od 3mm.



Obr. 20 Spektrogram průměru příze z UT IV-SX

Ze všech měření byl opět vybrán od každé příze jeden spektrogram, jak z QQM-3, tak z UT IV-SX. Byl sledován výskyt charakteristických či kupovitých spekter ve spektrogramu. Jako v předchozím případě se mírně zvýšená amplituda spektra na příslušné vlnové délce značila **x**, značkou **xx** bylo označeno zvýšené spektrum nebo kupovité spektrum a **xxx** značí charakteristické spektrum (komín). Při vyhodnocování se pracovalo opět s prvními 100 kanály (10m).

CV(QQM) X 2DØ(UT)									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	1 (QQM)	1 (UT)	2 (QQM)	2 (UT)	3 (QQM)	3 (UT)
119	37,321								
118	34,822								
117	32,490								
116	30,314								
115	28,284								
114	26,390								
113	24,623								
112	22,974								
111	21,435								
110	20,000	40	20,000						
109	18,661								
108	17,411								
107	16,245	39	16,828						x
106	15,157								x
105	14,142	38	14,158						
104	13,195								
103	12,311								
102	11,487	37	11,912						
101	10,718				xxx				
100	10,000	36	10,024		xxx				
99	9,330								
98	8,706	35	8,434						
97	8,123								xx
96	7,579								xx
95	7,071	34	7,096						x
94	6,598						x		
93	6,156	33	5,970				x		
92	5,743				xx				
91	5,359				xx		x		
90	5,000	32	5,024				x		
89	4,665						x		
88	4,353	31	4,228						
87	4,061								x
86	3,789								x
85	3,536	30	3,556					x	
84	3,299								

CV(QQM) X 2DØ(UT)									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	1 (QQM)	1 (UT)	2 (QQM)	2 (UT)	3 (QQM)	3 (UT)
83	3,078								
82	2,872	29	2,992		xx				
81	2,679				xx		x		
80	2,500	28	2,518				x		
79	2,333								
78	2,176	27	2,118					x	
77	2,031								
76	1,895								
75	1,768	26	1,782						
74	1,649								
73	1,539	25	1,5						
72	1,436								
71	1,340								
70	1,250	24	1,262						
69	1,166								
68	1,088	23	1,062					xx	
67	1,015								
66	0,947				x				
65	0,884	22	0,894		x			xx	
64	0,825								
63	0,769	21	0,752						
62	0,718								
61	0,670								
60	0,625	20	0,632			x			
59	0,583						x		
58	0,544	19	0,532			x	x		
57	0,508						x		
56	0,474								
55	0,442	18	0,448						
54	0,412								
53	0,385	17	0,378						
52	0,359								
51	0,335								
50	0,313	16	0,318	x					
49	0,292								
48	0,272	15	0,268			x		x	

CV(QQM) X 2DØ(UT)									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	1 (QQM)	1 (UT)	2 (QQM)	2 (UT)	3 (QQM)	3 (UT)
47	0,254								
46	0,237	14	0,224	x					
45	0,221								
44	0,206								
43	0,192	13	0,19			x			
42	0,179								
41	0,167								
40	0,156	12	0,16					x	
39	0,146								
38	0,136	11	0,134			x			
37	0,127								
36	0,118								
35	0,110	10	0,114	xxx					
34	0,103								
33	0,096	9	0,096			x			
32	0,090								
31	0,084								
30	0,078	8	0,08	xxx				x	
29	0,073								
28	0,068	7	0,068	x		xx			
27	0,063								
26	0,059								
25	0,055	6	0,056	x	x				
24	0,052				x				
23	0,048	5	0,048			xx			
22	0,045								
21	0,042								
20	0,039	4	0,04		x	xx		x	
19	0,036				x				
18	0,034	3	0,034	xx		xxx		xx	
17	0,032								
16	0,030								
15	0,028	2	0,028				x	xx	
14	0,026						x		
13	0,024	1	0,024		x	x	x	xxx	
12	0,022				x				
11	0,021				x				

CV(QQM) X 2DØ(UT)									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	4 (QQM)	4 (UT)	5 (QQM)	5 (UT)	6 (QQM)	6 (UT)
119	37,321								
118	34,822								
117	32,490								
116	30,314								
115	28,284								
114	26,390								
113	24,623								
112	22,974								
111	21,435								
110	20,000	40	20,000						
109	18,661								
108	17,411								
107	16,245	39	16,828						
106	15,157								xx
105	14,142	38	14,158						xx
104	13,195								
103	12,311								
102	11,487	37	11,912						
101	10,718				x		xx		x
100	10,000	36	10,024		x	x	xxx		xx
99	9,330						xx		
98	8,706	35	8,434				xx		
97	8,123						xx		
96	7,579						xx		
95	7,071	34	7,096						
94	6,598						xx		x
93	6,156	33	5,970				xx	x	xx
92	5,743								x
91	5,359				xx				x
90	5,000	32	5,024		xx	x			x
89	4,665								x
88	4,353	31	4,228						x
87	4,061								xx
86	3,789						xx		x
85	3,536	30	3,556				xx		xx
84	3,299								xx

CV(QQM) X 2DØ(UT)									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	4 (QQM)	4 (UT)	5 (QQM)	5 (UT)	6 (QQM)	6 (UT)
83	3,078								xx
82	2,872	29	2,992						x
81	2,679								
80	2,500	28	2,518	x					
79	2,333								
78	2,176	27	2,118						
77	2,031								
76	1,895								
75	1,768	26	1,782						
74	1,649								
73	1,539	25	1,5	xx					
72	1,436								
71	1,340								
70	1,250	24	1,262						
69	1,166								
68	1,088	23	1,062	xx					
67	1,015								
66	0,947								
65	0,884	22	0,894					x	
64	0,825								
63	0,769	21	0,752						
62	0,718								
61	0,670								
60	0,625	20	0,632						
59	0,583								
58	0,544	19	0,532		x				
57	0,508				x				
56	0,474								
55	0,442	18	0,448						
54	0,412								
53	0,385	17	0,378						
52	0,359								
51	0,335								
50	0,313	16	0,318						
49	0,292								
48	0,272	15	0,268	x		x			

CV(QQM) X 2DØ(UT)									
UT IV-SX		QQM-3		číslo příze/přístroj					
č.kanálu	vl. délka [m]	č.kanálu	vl. délka [m]	4 (QQM)	4 (UT)	5 (QQM)	5 (UT)	6 (QQM)	6 (UT)
47	0,254								
46	0,237	14	0,224						
45	0,221								
44	0,206						x		
43	0,192	13	0,19	xx		x	x		
42	0,179								
41	0,167								
40	0,156	12	0,16	xx		x		xx	
39	0,146								
38	0,136	11	0,134			xx		xx	
37	0,127								
36	0,118				x				
35	0,110	10	0,114		x	xx			
34	0,103								
33	0,096	9	0,096	x				xx	
32	0,090								
31	0,084								
30	0,078	8	0,08					xx	
29	0,073								
28	0,068	7	0,068			x			
27	0,063						x		
26	0,059						x		
25	0,055	6	0,056		x	xx	x		
24	0,052				x				
23	0,048	5	0,048			xx			
22	0,045								
21	0,042								
20	0,039	4	0,04			xx	x	x	
19	0,036						x		
18	0,034	3	0,034	x		x		xxx	
17	0,032								
16	0,030								
15	0,028	2	0,028	x				xx	
14	0,026								
13	0,024	1	0,024	xxx					
12	0,022						x		x
11	0,021						x		x

Tab. 10 Výskyt zvýšených spekter ve spektrogramech na příslušných vlnových délkách

S výjimkou spektrogramů z příze č. 5, lze říci, že při porovnání spektrogramů z přístroje QQM-3 se spektrogramy průměru příze z Uster Tester se zvýšená charakteristická či kupovitá spektra téměř nikde neshodovala. Jako u spektrogramů z nestejnoměrnosti se většinou výrazná spektra u UT objevovala na dlouhých vlnových délkách na rozdíl od QQM-3, kde byla na krátkých vlnových délkách. Příčinou může být odlišná metoda konstrukce spektrogramu.

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo porovnat výsledky měření nestejnoměrnosti příze získané kapacitním způsobem měření pomocí přístroje Uster Tester IV-SX a optickým způsobem měření pomocí přístroje QQM-3. Práce byla zaměřena především na porovnání průběhu spektrogramů přízí s periodickou nestejnoměrností a přízí „bezvadných“. Byla hodnocena vhodnost a možnost použití přístroje QQM-3 pro identifikaci periodické nestejnoměrnosti. Nestejnoměrnost přízí byla měřena současně pomocí přístroje Uster Tester IV-SX (kapacitní způsob měření nestejnoměrnosti - *CV_{mass}*), tak pomocí přístroje QQM-3 (optický způsob měření nestejnoměrnosti - *CV_{opt}*). Aparatura Uster Tester byla vybavena přídatným optickým senzorem pro měření průměru příze. I přesto, že přístroje QQM-3 a Uster Tester při měření nestejnoměrnosti pracovaly na jiném principu, byly porovnávány spektrogramy z obou dvou přístrojů s cílem stanovit, zda významné periodické kolísání hmoty zaznamenané ve spektrogramu z Uster Testeru se projeví i v kolísání objemu příze zaznamenaném přístrojem QQM-3. Dalším cílem bylo ověřit tvrzení výrobce, že spektrogramy získané z QQM-3 mají stejnou vypovídací hodnotu jako spektrogramy získané z přístroje Uster Tester, tj. „pomohou odhalit výrobní a předvýrobní vady a pomohou indikovat potenciální zdroj vad zhoršujících nestejnoměrnost příze“. Kromě spektrogramů se porovnávaly hodnoty nestejnoměrnosti *CV*, výsledky měření průměrů přízí a variační koeficient průměrů přízí.

Z provedených experimentů bylo zjištěno, že hodnoty *CV_{mass}* a *CV_{opt}* jsou rozdílné, ale byla mezi nimi zjištěna lineární závislost, potvrzená testem významnosti korelačního koeficientu. Porovnáním spektrogramů z obou aparatur bylo zjištěno, že průběhy spektrogramů si neodpovídají, jelikož jsou konstruovány z jiného počtu měřících kanálů a je u nich jiný poměr vlnových délek mezi sousedními kanály.

Spektrogram z přístroje QQM-3 zaznamenává kolísání harmonických složek nestejnoměrnosti pouze na každé druhé až třetí vlnové délce v porovnání se spektrogramem z UT. Spektrogram příze z přístroje UT je konstruován i pro kratší vlnové délky. Charakteristická a kupovitá spektra si neodpovídají. V případě přístroje QQM-3 se většinou výrazná spektra objevovala na krátkých vlnových délkách, kdežto v případě spektrogramů z UT se vyskytovala na delších vlnových délkách. Příčinou je rozdílný princip měření nestejnoměrnosti a pravděpodobně jiná metoda konstrukce spektrogramů, např. jiná filtrace dat. Proto není doporučeno využívat spektrogram z QQM-3 pro

identifikaci a hodnocení periodické nestejnoměrnosti jako alternativu spektrogramu z přístroje Uster Tester.

Dále byly porovnávány hodnoty průměru přízí měřených na obou přístrojích. Byla sledována i jejich variabilita. Bylo zjištěno, že výsledky průměru přízí z obou aparatur jsou srovnatelné, byl mezi nimi zjištěn vysoký korelační koeficient, jehož statistická významnost byla potvrzena testem. Porovnáním spektrogramu z přístroje QQM-3 se spektrogramem průměru příze z aparatury UT bylo shledáno, že průběhy si neodpovídají, kupovitá a charakteristická spektra se vyskytovala na rozdílných vlnových délkách (u spektrogramu z přístroje QQM-3 se většinou výrazná spektra objevovala na krátkých vlnových délkách, kdežto v případě spektrogramů z UT se vyskytovala na delších vlnových délkách).

Domnívám se, že přístroj QQM-3 je vhodný především pro měření průměru příze a její variability, neboť výsledky jsou srovnatelné s výsledky aparatury Uster tester. Jako alternativa spektrogramu nestejnoměrnosti z přístroje Uster Tester, který je v praxi běžně využíván pro identifikaci příčin zvýšené periodické nestejnoměrnosti v technologickém procesu výroby příze, se spektrogram z přístroje QQM-3 nejeví jako vhodný, protože výsledky nejsou srovnatelné.

7 Literatura

- [1] Ursíny, P.: Předání I. TUL, Liberec 2001.
- [2] Cihlářová, E.: Hmotová nestejnoměrnost délkových a plošných textilií, elektronické skriptum TUL 2002, <https://skripta.ft.tul.cz/>.
- [3] Application Handbook of Uster Tester IV, Zellweger Uster, 2002.
- [4] Manuál Yarn Quality Analyser QQM-3, VÚB a.s., Ústí nad Orlicí, 2005.
- [5] Sparavigna A., Broglia E., Lugli S.: Beyond capacitive systems with optical measurements for yarn evenness evaluation. *Mechatronics* 14 (2004) pp. 1183-1196. ISSN 0957-4158, Elsevier Ltd. 2004.
- [6] Kovačič, V.: Zkoušení a textilní zkušebnictví, TUL 2001.
- [7] Ursíny, P., Moučková, E.: Nestejnoměrnost textilií, TUL 2010.
- [8] Mvubu, M. B.: Characterization of Yarn Diameter Measured by Different Systems, Diploma Thesis, Technical University of Liberec, Liberec, 2010.
- [9] Neckář, B.: Příze - tvorba, struktura, vlastnosti. SNTL Praha, 1990.
- [10] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat, PULS, Praha 1994

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Níže jsou uvedeny ukázky protokolů z měření nestejnoměrnosti na přístrojích QQM-3 a Uster Tester IV-SX. Kompletní seznam protokolů lze nalézt na přiloženém CD.

Příloha I – protokol z měření na přístroji QQM-3

Příloha II – protokol z měření na přístroji Uster Tester IV-SX

Příloha I:**Protokol z měření na přístroji QQM-3****Příze č. 1 (PL – 35,7 tex)**

Strana č.: 1

QQM systém

Číslo stroje: 10003 / 0 ; rychlost = 200 ; délka = 200 ;
Datum měření: 14.11.2011, Čas měření: 12:01:39 - 12:02:39
Datum tisku: 22.2.2012, Čas tisku: 9:57:17

CV limit [%] = 0,00

PROTOKOL z měření			
Číslo měření	214	Datum tisku	22.2.2012
Číslo stroje	10003 / 0	Čas tisku	9:57:17
měřená délka	200	Datum měření	14.11.2011
rychlost	200	Datum měření	12:01:39 - 12:02:39
Zákrut	670,00		
Poznámka	0095.qqd		
Jemnost příze:	27,01		
U[%]:	6,35	CV[%]:	7,95
CV[10]:	6,44	CV[50]:	3,39
CV[1000]:	1,71	CV[3000]:	1,28
		CV[100]:	2,07
		CV[10000]:	0,84
typ vady	n	n/1km	n/1mile
slabá místa (-50%):	0	0,00	0,00
silná místa (+50%):	335	1675,00	2695,08
malé nopky (+100%):	10	50,00	80,45
velké nopky (+150%):	0	0,00	0,00

Chanel 8 -> LAMBDA=80 mm

Příloha II:**Protokol z měření na přístroji Uster Tester IV-SX****Příze č. 1 (PL – 35,7 tex)**

USTER TESTER 4 - SX R 1.8 Mon 11/14/11 11:41 Operator Page 1
 Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní Hájkova 6, 461 17 Liberec

Style 100%PES Sample ID 06095 Nom. count Nm 28 Nom. twist 723 T/m
 Tests 1 / 1 v= 200 m/min t= 1 min Meas. slot 3 Short staple

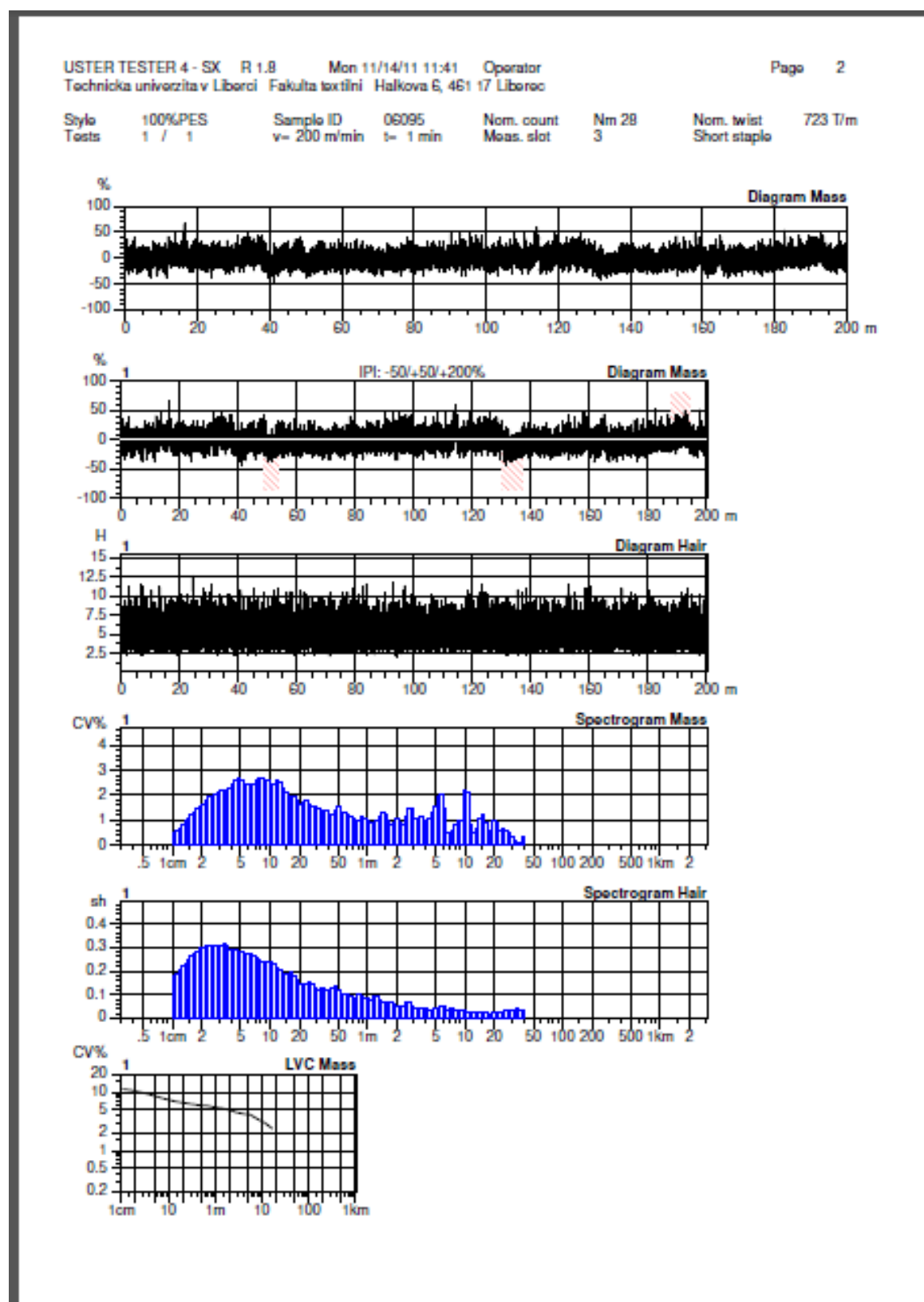
Article BD Material class Yarn Mach. Nr.
 Uster Statistics
 Fiber
 Bomat BP - 3-63 - 1.mer.

Nr	UP%	U Inert	U hl	CVm	CVm 1m	CVm 3m	CVm 10m	CVm 50m	CVm 100m	CVm Inert	CVm hl	Thin -30%	Thin -40%
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	/km	/km
1	9.46	2.41	3.52	11.96	5.48	4.43	3.16			3.02	4.40	655.0	30.0
Mean	9.46	2.41	3.52	11.96	5.48	4.43	3.16			3.02	4.40	655.0	30.0
CV													
Q95													
Max	9.46	2.41	3.52	11.96	5.48	4.43	3.16			3.02	4.40	655.0	30.0
Min	9.46	2.41	3.52	11.96	5.48	4.43	3.16			3.02	4.40	655.0	30.0

Nr	Thin -50%	Thin -60%	Thick +35%	Thick +50%	Thick +70%	Thick +100%	Neps +140%	Neps +200%	Neps +280%	Neps +400%	H	sh	2D3
	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km	/km			mm
1	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	0.0	5.18	1.28	0.300
Mean	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	0.0	5.18	1.28	0.300
CV													
Q95													
Max	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	0.0	5.18	1.28	0.300
Min	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	0.0	70.0	0.0	0.0	0.0	5.18	1.28	0.300

Nr	CV2D 8mm	s2D 8mm	Shape	CV2D 0.3mm	CV1D 0.3mm
	%	mm		%	%
1	8.14	0.025	0.79	11.22	14.51
Mean	8.14	0.025	0.79	11.22	14.51
CV					
Q95					
Max	8.14	0.025	0.79	11.22	14.51
Min	8.14	0.025	0.79	11.22	14.51

CV% Spectrogram Mass



USTER TESTER 4 - SX R 1.8 Mon 11/14/11 11:41 Operator
Technická univerzita v Liberci Fakulta textilní Halkova 6, 461 17 Liberec

Page 2

Style 100%PES Sample ID 06095 Nom. count Nm 28 Nom. twist 723 T/m
Tests 1 / 1 v= 200 m/min t= 1 min Meas. slot 3 Short staple

Standard 2 OM

